ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

ЖУРНАЛЪ,

основанный и издаваемый

зас. проф. П. А. Зиловымъ. зас. проф. Г. Г. Де-Метцомъ.

ТОМЪ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ.

Biblioteka Jagiellońska
1001996609

Отд. №
БИБЛІОТЕКА
Острожской Гимназіи
№ хр. нат.

1913 г.

Министерствомъ Народнаго Просвѣщенія журналъ рекомендованъ для фундаментальныхъ и ученическихъ (старшаго возраста) библіотекъ мужскихъ гимназій и реальныхъ училищъ, для фундаментальныхъ библіотекъ женскихъ гимназій и для библіотекъ учительскихъ институтовъ и семинарій.

Министерствомъ Торговли и Промышленности журналъ рекомендованъ для фундаментальныхъ библіотекъ коммерческихъ учебныхъ заведеній.



КІЕВЪ.


Тип. С. В. Кульженко, Пушкинская ул. д. № 4.


1913.

Revue de Physique

JOURNAL SCIENTIFIQUE ET POPULAIRE

Fondée par	dirigée par
M. le Prof. Ziloff.	**M. le Prof G. De-Metz.**

à Kiew, rue Stolypine, 44.

Quatorzième année.

1913.

5711

1/12

La Revue de Physique est recommandée par le Ministère de l'Instruction Publique et par le Ministère du Commerce et de l'Industrie, à Saint-Pétersbourg.

СОДЕРЖАНІЕ 14-го ТОМА.

Обзоры.

Рѣчи и лекціи.

Преподаваніе физики.

Хроника.

Библіографія.

Кромѣ того, въ каждомъ номерѣ Физическаго Обозрѣнія, въ отдѣлѣ объявленій, было указано много новыхъ книгъ по физикѣ на русскомъ и иностранныхъ языкахъ.

Указатели.

Указатели предметный и алфавитный по авторамъ за первыя десять лѣтъ существованія Физическаго Обозрѣнія, съ 1900 по 1910 гг., продаются въ Редакціи отдѣльно по 10 коп. за экземпляръ.

Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ.

СОБРАНІЕ

Лабораторныхъ Упражненій,

СОСТАВЛЕННОЕ

Комиссіей при Образцовомъ физическомъ кабинетѣ Педагогическаго музея **Цесаревича Алексѣя,** въ Кіевѣ.

Министерство Народнаго Просвѣщенія признало (26 марта 1913 г. за № 12817) настоящую книгу подлежащей допущенію въ качествѣ необязательнаго пособія при изученіи физики въ мужскихъ гимназіяхъ и реальныхъ училищахъ.

Складъ изданія въ книжныхъ магазинахъ И. А. Розова.

КІЕВЪ, Фундуклеевская, 8.

ОДЕССА, Садовая, противъ Соборной площади.

1913.

Цѣна 1 руб. 20 коп.

Русское Акціонерное Общество

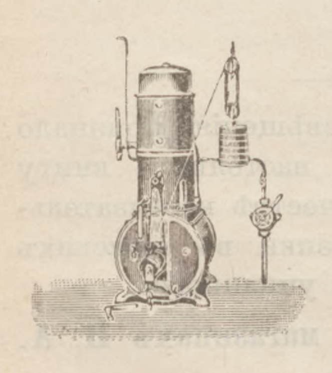
ФРАНЦЪ ГУГЕРСГОФЪ

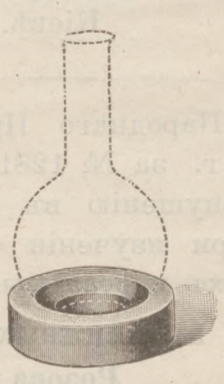
Москва, Срѣтенка, домъ № 10.

Полное оборудованіе фабрично-заводскихъ, горно-заводскихъ, химическихъ, химико-бактеріологическихъ, гигіеническихъ и санитарныхъ лабораторій и кабинетовъ. Большой складъ всевозможныхъ химическихъ аппаратовъ и приборовъ, химическаго стекла и реактивовъ.

Полное калориметрическое оборудованіе лабораторій для опредѣленія теплотворной способности топлива; бомба Лангбейнъ-Гугерсгофъ, Крекеръ, Малеръ, Бертло и др., приборы для изслѣдованія нефти и керосина, какъ-то: вискозиметры Энглеръ, лептометры, хронометры, колориметры и пр.

Приборы для изслѣдованія дымовыхъ ходовъ: Орсата-Фишеръ, Орсата-Лунге, Д-ра Фогтъ и др. Газовыя пипетки Гимпеля, Винклера и др.





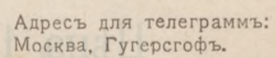


Аппаратъ магистра фармаціи В. А. Бурнашева для количественнаго опредѣленія слѣдовъ мышьяка въ мочѣ.

Газовый аппаратъ „Гербстъ"—самый лучшій и дешевый приборъ для полученія газа для освѣщенія и для лабораторныхъ надобностей.

Телефоны: 98—88 и 2.35—69.

Адресъ для писемъ:
Коммерческ. ящикъ 418.


Адресъ для телеграммъ:
Москва, Гугерсгофъ.

ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1913 Г. ТОМЪ 14. № 1.

О фосфоресценціи и флуоресценціи.

А. В. Самсонова.

ВВЕДЕНІЕ.

Предлагаемая статья не имѣетъ въ виду дать полный обзоръ всѣхъ многочисленныхъ работъ, появившихся за послѣднее время по вопросу о фосфоресценціи и флуоресценціи. Литература этого вопроса громадна и въ значительной своей части малоцѣнна. Малоцѣнна потому, что изслѣдователи часто ограничивались собираніемъ фактическихъ матеріаловъ, не будучи въ состояніи научно обработать ихъ, подобно алхимикамъ, наблюдавшимъ безконечныя превращенія веществъ, не имѣя въ рукахъ общихъ законовъ, придающихъ смыслъ наблюденіямъ.

Только вс второй половинѣ девятнадцатаго вѣка появились изслѣдованія, давшія намъ такія основанія, опираясь на которыя можно было идти дальше, въ смыслѣ болѣе детальнаго и болѣе глубокаго изслѣдованія вопроса. Полный сводъ трудамъ, появившимся по этимъ вопросамъ до 1908 г., можно найти только у H. Kayser [1]). Весьма цѣнной для общаго ознакомленія съ вопросомъ фосфоресценціи представляется работа G. Urbain [2]), дающая также, впервые, превосходный обзоръ разрозненныхъ работъ Lecocq de Boisbaudran'a, который раньше другихъ вполнѣ расчистилъ путь для дальнѣйшихъ изслѣдованій. Приходится особенно отмѣтить большое значеніе работъ Лекока, которыя, къ сожалѣнію, не получили въ свое время достаточной извѣстности и не помѣшали многимъ физикамъ повторять ошибки, имъ отмѣченныя.

---

[1]) Handbuch der Spektroscopie. Band. IV. Leipzig. Hirzel's Verlag.

[2]) Phosporescence cathodique des terres rares, A. de Ch. et Ph. VII, 18—222 (1909).

Мы въ этой статьѣ постараемся дать понятіе объ общихъ, достигнутыхъ наукой, результатахъ, останавливаясь болѣе подробно только на тѣхъ трудахъ, которые имѣютъ фундаментальное значеніе въ рѣшеніи того или иного вопроса.

По отношенію къ причинамъ, вызывающимъ свѣченіе тѣлъ, приходится раздѣлить всѣ случаи свѣченія на двѣ категоріи: 1) свѣченіе, вызванное тепломъ, и 2) свѣченіе, имѣющее своимъ источникомъ другіе виды энергіи, будь то лучистая энергія, энергія катодныхъ или Рентгеновыхъ лучей, энергія электрическихъ разрядовъ, энергія химическая и т. п.

По отношенію къ поглощенію свѣта тѣла опять раздѣляются на тѣ-же двѣ категоріи: 1) тѣла, превращающія всю поглощенную энергію въ тепловую, и 2) тѣла, превращающія всю поглощенную энергію въ другіе виды энергіи. Свѣченіе перваго рода именуется тепловымъ свѣченіемъ или термолуминесценціей. Свѣченіе второго рода—электролуминесценціей, катодолуминесценціей, фотолуминесценціей и т. д. Мы будемъ называть это свѣченіе вообще луминесценціей.

Для теплового свѣченія тѣлъ, которыя превращаютъ всю поглощенную свѣтовую энергію въ тепловую, годны слѣдующіе законы, являющіеся основаніемъ всей современной теоріи термолуминесценціи, обоснованные теоретически и экспериментально, годные повидимому до самыхъ крайнихъ температуръ и являющіеся, повидимому, основными міровыми законами [1]), таковы:

Законъ Кирхгофа: „Отношеніе между способностью испусканія E и способностью поглощенія A для данной температуры t и данной длины волны λ одно и то-же для всѣхъ тѣлъ и, такимъ образомъ, не зависитъ отъ природы тѣла и равно способности испусканія абсолютнаго чернаго тѣла".

$$\frac{E_{\lambda_1}}{A_{\lambda_1}} = \frac{E_{\lambda_{11}}}{A_{\lambda_{11}}} = \cdots = S_{\lambda}.$$

Абсолютно чернымъ тѣломъ называется тѣло, поглощающая способность котораго равна единицѣ, и которое

---

[1]) Желающіе ознакомиться подробнѣе съ теоріей лучеиспусканія найдутъ подробное изложеніе въ упомянутомъ трудѣ Kayser'а томъ второй, и въ превосходной книгѣ K. Schaum'a, Photochemie und Photographie, Leipzig, Johann Ambrosius Barth, дающей очень общедоступное изложеніе; пока вышла только первая часть.

поглощаетъ, такимъ образомъ, всѣ падающіе на него лучи. Слѣдовательно, при данной температурѣ ни одно тѣло не можетъ испускать болѣе интенсивнаго свѣта каждой длины волны, чѣмъ черное тѣло. Тѣло можетъ вообще только тогда испускать свѣтъ данной длины волны, когда коэффиціентъ поглощенія для этихъ лучей не равенъ нулю, при температурѣ опыта. Если коэффиціентъ поглощенія данъ, то законъ Кирхгофа даетъ намъ интенсивность испусканія даннаго тѣла, когда извѣстно испусканіе абсолютно чернаго тѣла. Послѣднее и можетъ быть опредѣлено изъ опыта, пользуясь по возможности идеальнымъ чернымъ тѣломъ.

Кромѣ этого закона фундаментальное значеніе имѣютъ: законъ Stefan'a-Boltzmann'a, гласящій: „Интегральное испусканіе чернаго тѣла пропорціонально четвертой степени абсолютной температуры" и законъ перемѣщенія Wien'a, гласящій: „въ нормальномъ спектрѣ испусканія чернаго тѣла перемѣщается съ измѣненіемъ температуры та длина волны, энергія которой является максимумомъ, и притомъ такимъ образомъ, что произведеніе температуры и длины волны остается постояннымъ: $\lambda_m . T = A$. Максимальная энергія пропорціональна пятой степени абсолютной температуры: $S_m = B . T^5$".

Для не черныхъ тѣлъ годны законы болѣе или менѣе приближенные къ законамъ Вина и Стефана-Больтцмана, съ тѣмъ большей степенью приближенія, чѣмъ ближе данныя тѣла подходятъ по своимъ свойствамъ къ абсолютно черному тѣлу.

Вышеприведенные законы годны для термоактиническаго испусканія лучей, когда-же опытъ даетъ намъ въ руки такой случай, что законъ Кирхгофа для изслѣдуемаго тѣла не годенъ, то мы можемъ быть увѣрены, что имѣемъ передъ собой случай луминесценціи. На опытѣ, конечно, не всегда возможно съ достовѣрностью разграничить оба явленія, и классификація явленій лучеиспусканія и понынѣ не свободна отъ нѣкотораго произвола.

Свѣченіе газовъ въ пламени или подъ вліяніемъ электрическихъ разрядовъ долгое время принималось за термоактиническое. Однако, теперь не подлежитъ почти никакому сомнѣнію, что главнымъ источникомъ энергіи являются въ

данномъ случаѣ происходящія химическія реакціи и превращенія. Прежде принималось, что хотя температура Гейслеровой трубки не достаточно высока, но отдѣльные атомы или молекулы нагрѣваются выше. Наблюдаемый спектръ испусканія соотвѣтствуетъ этимъ высоко-нагрѣтымъ частицамъ. Наблюдаемый спектръ поглощенія—средней температурѣ пламени или Гейслеровой трубки. Несоотвѣтствіе спектровъ съ закономъ Кирхгофа объяснялось разностью этихъ температуръ. Въ послѣднее время Прингсгеймъ пытался обосновать мнѣніе, что подъ вліяніемъ одной лишь высокой температуры газы не могутъ быть приведены къ свѣченію. Этотъ взглядъ, однако, не получилъ распространенія; Пашенъ, Кайзеръ и др. возражали Прингсгейму, и слѣдуетъ, повидимому, приписывать одну часть свѣченія газовъ вліянію теплоты, а другую—вліянію другихъ видовъ энергіи. Главнымъ источникомъ энергіи свѣтящихся газовъ является, повидимому, химическая энергія.

Если изъ нашего разсмотрѣнія мы исключимъ свѣченіе газовъ и другіе виды хемилуминесценціи, то намъ прійдется разсмотрѣть то, что изслѣдователи называли фосфоресценціей и флуоресценціей, причисляя сюда еще очень разнородныя явленія. Сюда относятся кристаллофосфоресценція—выдѣленіе свѣта при кристаллизаціи, сюда относится трибофосфоресценція—выдѣленіе свѣта при разламываніи, при ударѣ.

Многіе случаи кристаллолуминесценціи удалось свести на трибофосфоресценцію (Trautz). Эта послѣдняя въ свою очередь могла бы быть объяснена отчасти раскаливаніемъ отдѣльныхъ частицъ.

Если мы и эти явленія исключимъ изъ нашего разсмотрѣнія, то намъ останется разсмотрѣть случаи возбужденія свѣта свѣтомъ-же, или катодными, анодными или рентгеновскими лучами. Этимъ явленіямъ мы присвоимъ наименованіе фосфоресценціи или флуоресценціи. Термофосфоресценціей называлось свѣченіе тѣлъ подъ вліяніемъ нагрѣванія подъ условіемъ, чтобы эта температура была ниже той, при которой мы имѣли-бы термоактиническое испусканіе. При ближайшемъ разсмотрѣніи пришлось, однако, отрицательно отнестись къ существованію отдѣльнаго явленія тер-

мофосфоресценціи. Обыкновенная фосфоресценція сопряжена съ накопленіемъ энергіи, какъ мы увидимъ ниже. Возбужденное свѣтомъ фосфоресцирующее тѣло испускаетъ нѣкоторое время все слабѣющій свѣтъ. Повышеніе температуры увеличиваетъ быстроту потуханія, увеличивая яркость испусканія. Можетъ случиться, что повышеніе температуры возбуждаетъ кажущійся потухшимъ фосфоръ (такъ мы будемъ называть впредь фосфоресцирующее тѣло).

Теплота, сама по себѣ, не является въ данномъ случаѣ источникомъ энергіи, что доказывается тѣмъ, что возобновленное нагрѣваніе не ведетъ къ лучеиспусканію, если не выставить фосфоръ опять на свѣтъ.

Намъ остается остановиться на различіи терминовъ фосфоресценція и флуоресценція. Принципіальнаго различія между этими двумя видами явленій повидимому нѣтъ. Подъ флуоресценціей понимаютъ свѣченіе, продолжающееся лишь во время возбужденія. Подъ фосфоресценціей—продолжающееся и послѣ возбужденія. Намъ прійдется, однако, разсматривать эти явленія большею частью порознь, такъ какъ экспериментальное изслѣдованіе провело въ данномъ случаѣ рѣзкую грань между этими явленіями. До сихъ поръ не найдено еще ни одного фосфоресцирующаго жидкаго или газообразнаго тѣла. Въ опытныхъ изслѣдованіяхъ мы встрѣчаемъ изученіе фосфоресценціи твердыхъ и изученіе флуоресценціи жидкихъ или газообразныхъ тѣлъ.

Какія тѣла фосфоресцируютъ?

Съ тѣхъ поръ, какъ сапожникъ Casciorolus, занимавшійся и алхиміей, нашелъ въ окрестностяхъ Болоньи камень, который, будучи обожженъ въ печи, пріобрѣталъ способность свѣтиться краснымъ свѣтомъ въ темнотѣ, если онъ былъ сперва подверженъ вліянію свѣта, съ тѣхъ поръ многочисленные наблюдатели изслѣдовали и описали неисчислимые случаи фосфоресценціи. При этомъ они ограничивались внѣшнимъ описаніемъ явленій и высказывали различныя догадки относительно сущности самого явленія. Однако, въ продолженіе болѣе двухъ вѣковъ результаты этихъ изслѣдованій не шли дальше того, что способность фосфоресци-

ровать была признана довольно общимъ свойствомъ тѣлъ природы, и что были даны рецепты для приготовленія особенно активныхъ фосфоровъ. Теорія этихъ явленій не дала много болѣе того, что давалъ первый опытъ, т. е., что свѣтъ поглощается и выдѣляется вновь.

E. Becquerel'ю, работавшему въ серединѣ прошлаго столѣтія, мы обязаны рядомъ замѣчательно хорошо поставленныхъ изслѣдованій, которыя дали основу для экпериментальной постановки дальнѣйшихъ работъ. Беккерель впервые изслѣдовалъ подробно вліяніе интенсивности возбуждающаго свѣта, измѣрялъ скорость потуханія и т. д. Относительно приготовленія фосфоровъ были сдѣланы многія усовершенствованія. Очень удобнымъ матеріаломъ оказались сульфаты щелочно-земельныхъ металловъ; однако, полученіе хорошо свѣтящихся препаратовъ все еще являлось дѣломъ случая. Беккерель думаетъ, что тутъ играетъ большую роль физическое состояніе вещества.

Это мнѣніе было и до него въ большомъ ходу у многихъ ученыхъ.

Въ 1879 г. Круксъ началъ свои изслѣдованія надъ катодофосфоресценціей. Особенно красивыми и опредѣленными оказались спектры фосфоресценціи рѣдкихъ земель. Вмѣстѣ съ тѣмъ спектрофосфорическая реакція многихъ рѣдкихъ земель оказалась очень чувствительной. Исходя изъ предпосылки, что чѣмъ чище вещество, или въ чѣмъ большей концентраціи оно находится, тѣмъ ярче спектръ, Круксъ изслѣдовалъ и сравнивалъ спектры приготовленныхъ имъ препаратовъ. Противорѣчія, вытекавшія изъ его собственныхъ наблюденій, Круксъ объяснялъ существованіемъ все новыхъ гипотетическихъ элементовъ. Ему-же принадлежитъ весьма неправдоподобная и фантастическая теорія метаэлементовъ. Круксъ допускалъ, что атомные вѣса отдѣльныхъ атомовъ не вполнѣ равны между собой у отдѣльнаго элемента.

У рѣдкихъ земель эти атомные вѣса настолько расходятся, что является возможность раздѣлять эти атомы физическимъ и химическимъ путемъ подобно тому, какъ отдѣляютъ крупныя зерна пшеницы отъ мелкихъ.

Отсюда многообразіе этихъ элементовъ и ихъ спектровъ.

Въ 1886 г. Лекокъ де Буабодранъ началъ опубликовывать свои замѣтки, частью направленныя противъ Крукса. Эти замѣтки собраны воедино Урбеномъ въ упомянутой статьѣ и для того, кто-бы теперь сталъ работать въ этой области, были-бы достаточнымъ фундаментомъ. Эти замѣтки остались сравнительно мало извѣстными: о нихъ знали, но ихъ мало кто зналъ. Полемика между Лекокомъ и Круксомъ какъ будто оставалась открытой, между тѣмъ какъ для безпристрастнаго читателя и тогда должно было быть яснымъ, что Лекокъ правильно оцѣнилъ кажущійся столь запутаннымъ лабиринтъ явленій, наблюденныхъ Круксомъ.

Мы не можемъ входить здѣсь въ подробности спора, имѣющаго спеціальный интересъ. Для иллюстраціи мы приведемъ одинъ примѣръ. Круксъ приписывалъ желтую полосу въ спектрѣ окиси иттрія самой землѣ. Лекокъ приготовилъ химически чистую окись иттрія. Она оказалась не фосфоресцирующей. Это стало исходной точкой Лекока; чистыя вещества не фосфоресцируютъ, а активность ихъ слѣдуетъ приписать примѣсямъ. Кромѣ чистой окиси иттрія, которая не фосфоресцировала, Лекокъ приготовилъ чистую не фосфоресцирующую известь; примѣшивая къ ней слѣды марганца или висмута, онъ получалъ весьма активные препараты.

Такимъ образомъ объяснялось, что прежніе наблюдатели только случайно натыкались на активные препараты, случайно загрязненныя слѣдами какого-нибудь активнаго вещества.

Кромѣ наблюденія фосфоресценціи рѣдкихъ земель, въ Круксовой трубкѣ Лекокъ наблюдалъ фосфоресценцію—въ данномъ случаѣ будетъ правильнѣе сказать флуоресценцію—жидкихъ водныхъ и крѣпкихъ сѣрнокислыхъ растворовъ. Онъ нашелъ, что въ этихъ растворахъ имѣетъ вліяніе только активный катіонъ, когда растворы берутся достаточно разведенными. Итакъ, Лекокъ нашелъ, что для образованія активнаго фосфора нужны два вещества. Хотя въ то время еще мало были извѣстны свойства твердыхъ растворовъ, Лекокъ примѣнилъ это понятіе къ приготовленнымъ имъ синтетическимъ фосфорамъ.

Изъ найденныхъ имъ общихъ результатовъ отмѣтимъ слѣдующіе: 1) Вещество очень активное, какъ растворитель для другого вещества, можетъ оказаться совершенно пассивнымъ съ третьимъ, хотя-бы и родственнымъ второму. 2) Различныя химическія соединенія одного и того-же элемента не всегда являются активными въ одинаковой мѣрѣ. 3) Сильно окрашенныя вещества едва-ли бываютъ хорошими активными растворителями, такъ какъ они поглощаютъ испускаемый свѣтящимся веществомъ свѣтъ. 4) Вещество можетъ быть растворителемъ по отношенію къ однимъ веществамъ и быть само активнымъ началомъ въ другомъ растворителѣ. Такъ, напримѣръ, растворяя слѣды окиси марганца въ сульфатѣ кадмія, мы получаемъ фосфоръ. Кадмій въ видѣ слѣдовъ можетъ быть и бываетъ активенъ въ другихъ растворителяхъ. 5) Пользуясь двумя растворителями при одномъ активномъ тѣлѣ или двумя активными тѣлами при одномъ растворителѣ, можно наблюдать весьма разнообразныя явленія. Преобладаетъ то одинъ, то другой типъ спектра, разныя субстанціи то взаимно усиляютъ, то ослабляютъ интенсивность и цвѣтъ фосфоресценціи. Лекокъ изучилъ фосфоресценцію окисей самарія, неодима, празеодима, церія, лантана, эрбія, тулія, диспрозія, иттербія, гадолинія, иттрія, въ окисяхъ алюминія и галлія. Онъ также доказалъ, что обычная красная фосфоресценція окиси глинозема должна быть приписана крайне слабымъ слѣдамъ хрома.

Урбенъ значительно расширилъ изслѣдованія Лекока. Урбенъ показалъ, какъ взаимодѣйствіе растворителей и активныхъ веществъ могутъ усложнять явленія и показалъ наглядно, что по измѣненію спектра съ измѣненіемъ концентраціи нельзя судить о присутствіи все новыхъ элементовъ. На новыхъ примѣрахъ Урбенъ показалъ, что чистыя вещества не фосфоресцируютъ, таковы: окиси европія, тербія, диспрозія, гадолинія, иттербія. Всѣ эти тѣла являются активными въ надлежащихъ растворителяхъ, кромѣ иттербія. Урбенъ показалъ, какимъ надежнымъ средствомъ химическаго анализа можетъ быть изученіе спектровъ фосфоресценціи. Параллельно съ изученіемъ фосфоресценціи Урбену удалось впервые выдѣлить нѣкоторыя рѣдкія земли.

Въ фотохиміи фундаментальнымъ является законъ Гроттгуса, гласящій, что только лучи той длины волны могутъ быть химически активными, которые поглощаются даннымъ веществомъ. Можно сказать вообще, что только тогда свѣтъ можетъ вообще имѣть какое-либо дѣйствіе, когда онъ поглощается веществомъ.

Окрашенныя рѣдкія земли обладаютъ всѣ рѣзко выраженными спектрами поглощенія. Всѣ онѣ фосфоресцируютъ, кромѣ окисей гольмія и тулія. Окись гадолинія обладаетъ спектромъ поглощенія въ ультрафіолетовой части спектра. Урбену удалось найти ультрафіолетовую фосфоресценцію гадолинія. Изъ неокрашенныхъ рѣдкихъ земель не найдена пока фосфоресценція окисей лантана, церія, иттрія и иттербія. Вѣроятно, однако, что способность фосфоресцировать обща всѣмъ рѣдкимъ землямъ, но что испускаемый свѣтъ лежитъ внѣ изученныхъ, до сихъ поръ, частей спектра.

Взглядъ на то, что синтетическіе фосфоры являются твердыми растворами, получилъ общее распространеніе въ послѣднее время. Урбенъ замѣчаетъ, что ни въ одномъ синтетическомъ фосфорѣ растворителемъ не является вещество, обладающее металлической проводимостью. Нѣкоторые естественные блески являются удобными растворителями, но всѣ они являются хорошими діэлектриками. Урбенъ, какъ и Лекокъ, склоненъ приписывать способность фосфоресцировать іонамъ раствореннаго активнаго вещества. Брунинггаузъ [1]) изслѣдовалъ измѣненіе проводимости нѣкоторыхъ фосфоресцирующихъ стеколъ съ измѣненіемъ концентраціи, ожидая найти максимумъ проводимости, совпадающій съ максимумомъ интенсивности при разныхъ концентраціяхъ. Такого максимума не нашлось: проводимость измѣняется однообразно съ измѣненіемъ концентраціи; изъ этого Брунинггаузъ дѣлаетъ выводъ, что активное вещество не идентично съ электролитическими іонами.

Waentig [2]) подробно изслѣдовалъ вліяніе способа приготовленія на активность синтетическихъ фосфоровъ. Оказа-

---

[1]) L. Bruninghaus. Recherches sur la phosphorescence. A. de Ch. et. Ph. VIII, 20—516 (1910, февраль).

[2]) Percy Waentig. Zum Chemismus phosphorescirendes Erdalkalisulfide. Z. f. Ph. Ch. 51—435 (1905).

лось, что наилучшіе результаты получаются при тѣхъ условіяхъ, которыя способствуютъ образованію возможно концентрированныхъ растворовъ. Такъ какъ растворимость активныхъ веществъ въ примѣнимыхъ растворителяхъ вообще довольно мала, то важно, напримѣръ, послѣ прокаливанія охлаждать возможно быстро, что способствуетъ образованію пересыщенныхъ растворовъ. Verneuil[1]), а затѣмъ Ленардъ и Клаттъ[2]) указали на важное значеніе прибавленія легкоплавкой соли. Она, очевидно, облегчаетъ растворенie и затрудняетъ выдѣленіе активнаго вещества. Самое-же выдѣленіе дѣлаетъ фосфоръ непрозрачнымъ, и уже это невыгодно, такъ какъ поглощается испускаемый свѣтъ.

G. C. Schmidt[3]) приготовилъ твердые растворы анилиновыхъ красокъ въ разныхъ органическихъ веществахъ, какъ желатина, фталевая, гиппуровая кислота и т. д. и изучалъ ихъ фосфоресценцію. Какъ мы указали между явленіями фосфоресценціи и флуоресценціи нѣтъ рѣзкой границы. Wiedemann и Schmidt[4]) наглядно доказали родственность этихъ явленій. Прибавляя желатины или агаръ-агара къ флуоресцирующему водному раствору краски можно постепенно перейти отъ жидкаго состоянія къ твердому и одновременно отъ флуоресценціи къ фосфоресценціи. Фосфоресценція жидкихъ растворовъ не наблюдалась еще никогда, не смотря на то, что съ новѣйшими аппаратами Видеманъ наблюдалъ ее по прошествіи всего лишь нѣсколькихъ милліонныхъ долей секунды послѣ прекращенія освѣщенія. Было-бы желательно сузить еще эту границу.

Какъ мы уже упоминали синтетическій фосфоръ состоитъ изъ двухъ существенныхъ частей: растворимаго и растворителя. Первое претворяетъ одинъ видъ энергіи въ другой. Урбенъ и Брунинггаузъ[5]) подробно изучили вопросъ о вліяніи концентраціи и пришли къ выводу, что для каж-

---

[1]) A. Verneuil. Sur les causes déterminantes de la phosphorescence du sulfure de calcium. C. R. 104—501 (1887).

[2]) Ph. Lenard und V. Klatt. Ueber die Phosphorescenz des Kupfers, Wismuths und Mangans in den Erdalkalien, W. A. 38—90 (1889).

[3]) G. C. Schmidt. Beiträge zur Kenntniss der Fluorescenz. W. A. 58—103 (1896).

[4]) E. Wiedemann und G. C. Schmidt. W. A. 56—18 (1895).

[5]) Loc. cit.

дой пары веществъ есть вполнѣ опредѣленная концентрація, при которой наблюдается максимальная активность фосфора. По обѣ стороны отъ максимума активность падаетъ и равна нулю въ чистомъ растворителѣ и чистомъ активномъ веществѣ. Напримѣръ, были найдены слѣдующія максимальныя концентраціи: для MnO въ CaO—0,55°/₀ Mn. Для Sa_2O_3 въ CaO – 0,01°/₀—0,02°/₀ Sa_2O_3. Урбенъ такъ характеризуетъ законъ оптимума: „въ каждомъ синтетическомъ фосфорѣ, состоящемъ изъ двухъ тѣлъ, наблюдается при измѣненіи ихъ пропорціональнаго соотношенія, что 1) каждая полоса спектра фосфоресценціи проходитъ черезъ оптимумъ, 2) оптимумы отдѣльныхъ полосъ не совпадаютъ обязательно, хотя и соотвѣтствуютъ всегда слабымъ концентраціямъ активнаго вещества.

Брунинггаузъ находитъ, что оптимумъ отдѣльной полосы не зависитъ отъ силы катоднаго потока, что оптимумъ не зависитъ отъ способа возбужденія (катодные и свѣтовые лучи). Наряду съ зависимостью оптимума отъ того, въ какой части спектра фосфоресценціи мы наблюдаемъ, мы находимъ и зависимость оптимума отъ того, черезъ сколько времени по прекращеніи освѣщенія мы наблюдаемъ. Длящійся свѣтъ даетъ меньшій оптимумъ. Ленардъ и Клаттъ нашли наиболѣе выгодными концентраціи досятитысячнаго размѣра, они наблюдали довольно долго по прекращеніи освѣщенія. Брунинггаузъ показалъ на опытѣ, какъ перемѣщается оптимумъ съ перемѣщеніемъ момента наблюденія. Урбенъ и Брунинггаузъ, работая съ катодными лучами, наблюдали вообще во время возбужденія. Намъ кажется, что болѣе подробное изученіе этой зависимости могло-бы пролить свѣтъ на вопросъ о накопленіи энергіи при возбужденіи фосфоресценціи.

Переходя все къ меньшимъ концентраціямъ по ту сторону оптимума, мы находимъ, что свѣченіе фосфора уменьшается; при этомъ исчезаютъ не всѣ полосы одновременно и не въ порядкѣ ихъ интенсивности. Это явленіе разжиженія, какъ его называетъ Урбенъ, играетъ большую роль при анализѣ. Видоизмѣненіе спектра при измѣненіи концентраціи не слѣдуетъ приписывать обязательно сложности вещества, какъ то дѣлалъ Круксъ.

О свѣтѣ, испускаемомъ фосфоресцирующими тѣлами.

Одинъ изъ первыхъ вопросовъ, который напрашивается при изученіи фосфоресценціи, состоитъ въ томъ, въ какой зависимости находится интенсивность возбуждающаго и возбуждаемаго свѣта.

Первыя точныя измѣренія принадлежатъ Э. Беккерелю (1861 г.). Онъ находитъ пропорціональность между интенсивностью возбуждаемаго и возбуждающаго свѣта. Интересно отмѣтить, что возбуждаемый свѣтъ составляетъ ничтожный процентъ возбуждающаго (0,0000015 часть для ураннилфосфата). Nichols и Merritt[1]) находятъ, что пропорціональная зависимость примѣнима только до извѣстныхъ предѣловъ, далѣе которыхъ интенсивность испускаемаго свѣта растетъ медленнѣе, чѣмъ интенсивность свѣта возбуждающаго.

Для изученія самаго механизма фосфоресценціи представляетъ существенную важность вопросъ о скорости потуханія фосфоровъ. Мы не будемъ входить здѣсь въ подробное изученіе теорій, подчасъ очень сложныхъ, которыя выдвигались разными авторами для объясненія явленій фосфоресценціи и флуоресценціи. Всѣ эти теоріи въ выводахъ своихъ еще мало согласуются съ опытомъ. Общимъ достояніемъ ихъ является, съ тѣхъ поръ, какъ колебательная теорія свѣта стала общепризнанной, представленіе, что колебаніе эѳира вызвано въ данномъ случаѣ колебаніемъ молекулъ или частей молекулъ, вызваннымъ, въ свою очередь, или дѣйствіемъ свѣтовыхъ волнъ, или катоднымъ потокомъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда возбужденныя колебанія оказались-бы изохроническими съ возбуждающими, мы имѣли-бы случай простого резонанса, въ другихъ – явленіе вынужденныхъ колебаній. Наконецъ, можно представить себѣ, что возбуждающія колебанія не непосредственно возбуждаютъ колебанія фосфоресцирующихъ центровъ, но что сперва подъ вліяніемъ свѣтовыхъ волнъ происходитъ расщепленіе вещества, а расщепленныя части соединяются вновь или даютъ другую химическую реакцію; эта реакція сопровождается сотрясеніемъ молекулъ или частей ихъ, которое проявляется въ

[1]) E. L. Nichols and E. Merritt. Studies in luminescence. VII. Phys. Rev. 23 – 37 (1906).

испусканіи свѣтовыхъ колебаній эѳира. Въ этомъ случаѣ мы фосфоресценцію свели на хемилуминесценцію, которой, какъ мы указали въ введеніи, объясняется и свѣченіе газовъ подъ вліяніемъ высокой температуры или электрическихъ разрядовъ. Отмѣтимъ, что въ томъ и другомъ случаѣ мы должны ожидать извѣстнаго соотношенія въ длинѣ волны падающаго и возбужденнаго свѣта, во второмъ случаѣ, однако, только отчасти.

Это очевидно, если мы придерживаемся теоріи резонанса. Если-же мы станемъ на точку зрѣнія хемилуминесценціи, то мы должны уяснить себѣ, что какъ спектръ поглощенія тѣла, такъ и его спектръ испусканія должны зависѣть отъ строенія тѣла. Эти двѣ теоріи не столь противоположны, какъ это кажется съ перваго взгляда. Всѣ современныя теоріи фосфоресценціи имѣютъ въ своей основѣ одинъ изъ этихъ принциповъ.

Первымъ, поставившимъ точные опыты надъ быстротой потуханія фосфоровъ, былъ Э. Беккерель. Онъ предположилъ, что фосфоръ испускаетъ въ единицу времени количество свѣта пропорціональное его интенсивности въ данное время; эту закономѣрность онъ принялъ по аналогіи съ закономъ Ньютона объ отдачѣ тепла. Ожидаемую теоріей формулу $i = i_0 e^{-\alpha t}$, гдѣ α коэффиціентъ, Э. Беккерель нашелъ приложимой во многихъ случаяхъ. Въ иныхъ онъ долженъ былъ прибѣгнуть къ экспериментальной формулѣ $i^m = i_0^m \frac{c}{c+t}$, гдѣ m и c постоянныя. Его сынъ, Г. Беккерель, предположилъ, что мы имѣемъ передъ собой явленіе затухающихъ колебаній; если мы предположимъ силу сопротивленія колебаніямъ пропорціональной скорости колебаній, то получимъ дифференціальное уравненіе, интегрированіе котораго приводитъ къ уравненію $\sqrt{i} = \frac{1}{a + bt}$, гдѣ a и b постоянныя, а начальная интенсивность свѣта принята за единицу. Это уравненіе является частнымъ случаемъ уравненія Э. Беккереля для $m = 1/2$. Въ большинствѣ случаевъ слѣдуетъ ожидать, что только отдѣльныя полосы будутъ слѣдовать этому закону, для разныхъ полосъ спектра постоянныя a и b бу-

дутъ различны; въ такомъ случаѣ мы можемъ получить интегральный законъ, суммируя отдѣльныя выраженія $\dot{i}_k^{1/2} = \dot{i}_{0k}^{1/2} \cdot \frac{C_k}{C_k + t}$. Э. и Г. Беккерели прилагали такую расширенную формулу къ опыту; однако, при числѣ членовъ болѣе двухъ она мало приложима по своей сложности.

Г. Беккерель[1]) стремился объяснить потуханіе фосфоровъ затухающими колебаніями. Однако, такое объясненіе едва-ли возможно въ виду того, что количество запасенной энергіи бываетъ сравнительно очень высокое. Явленіе термофосфоресценціи указываетъ также на такое накопленіе энергіи, которое едва-ли можно отождествить съ энергіей колебаній.

Видеманнъ развилъ въ свое время двѣ теоріи, нѣсколько различныя по существу, которыя обѣ даютъ мѣсто этому явленію накопленія. Одна изъ этихъ теорій допускаетъ, что фосфоръ можетъ находиться въ двухъ видоизмѣненіяхъ: A и B; подъ вліяніемъ свѣта A переходитъ въ B. B-же, въ свою очередь возвращается къ A съ выдѣленіемъ свѣта. Другая теорія допускаетъ іонизацію подъ вліяніемъ свѣта. Раздѣленные іоны соединяются вновь съ выдѣленіемъ свѣта; произведя раздѣленіе, лучи свѣта даютъ намъ запасъ энергіи, скорость расходованія которой зависитъ отъ индивидуальныхъ свойствъ тѣлъ.

Никольсъ и Мериттъ[2]), придерживаясь той-же теоріи, изслѣдуютъ скорость потуханія фосфоровъ, главнымъ образомъ зеленой полосы въ спектрѣ цинковой обманки (сидотова бленда).

Допустимъ, что подъ вліяніемъ свѣта молекула цинковой обманки распадается на двѣ части, которыя, соединяясь, опять даютъ свѣтъ. Скорость возсоединенія $\frac{dn}{dt}$, гдѣ n концентрація активнаго тѣла, будетъ, согласно законамъ химической кинетики, $= - an^2$, гдѣ a коэффиціентъ пропор-

[1]) H. Becquerel. Sur les lois de l'intensité de la lumière ionisé par les corps phosphorescents. C. R. 1891. I. 618.

[2]) E. L. Nichols and E. Merritt. Studies in luminescence. V. The luminescence of Sidot Blende. Phys. Rev. 20—120, 21—245 (1905—1906).

ціональности. Интегрируя это уравненіе, получимъ $\frac{1}{n}=c+at$, гдѣ c постоянная. Допустимъ, что интенсивность испускаемаго свѣта i пропорціональна скорости возсоединенія въ данный моментъ, тогда имѣемъ

$$i=k\,.\,\alpha\,.\,n^2=\frac{k\,.\,\alpha}{(c+\alpha t)^2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{i}}=a+bt,\ \text{гдѣ}\ a=\frac{c}{\sqrt{k\alpha}}\cdot b=\sqrt{\frac{\alpha}{k}},$$

причемъ a, b, α и k—постоянныя.

Полученная формула тождественна съ формулой Г. Беккереля, приложимость которой во многихъ случаяхъ доказана. Никольсъ и Мериттъ находятъ, что она хорошо соотвѣтствуетъ ихъ опытнымъ даннымъ. Коэффиціентъ возсоединенія a, отъ котораго зависитъ быстрота потуханія, оказывается зависящимъ до нѣкоторой степени отъ продолжительности освѣщенія и измѣняется въ продолженіе опыта. Никольсъ и Мериттъ отмѣчаютъ аналогію полученныхъ ими кривыхъ съ кривыми магнитнаго гистерезиса.

Большой заслугой Ленарда и Клатта[1]) является подробное изученіе того, что они называютъ распредѣленіемъ возбужденія. Въ отдѣлѣ о флуоресценціи мы болѣе подробно вернемся къ правилу Стокса, гласящему, что длина волны возбуждающаго свѣта всегда меньше длины волны возбуждаемаго. Это правило, которое, можетъ быть, не всегда съ полной точностью оправдывается на опытѣ, имѣетъ тѣмъ не менѣе первостепенное значеніе для изученія соотношенія между возбуждаемымъ и возбуждающимъ спектрами, такъ какъ оправдывается въ огромномъ большинствѣ случаевъ, и если не оправдывается, то самая величина нарушенія является весьма небольшой.

Мы видѣли уже, что каждая полоса въ спектрѣ фосфоресценціи имѣетъ свои индивидуальныя свойства, что интенсивность каждой полосы измѣняется по особому закону съ измѣненіемъ концентраціи активнаго вещества, что кривыя

---

[1]) Ph. Lenard und V. Klatt. Ueber Erdalkaliphosphore. D. A. 15—225, 425, 633 (1904).

потуханія для различныхъ полосъ не тождествены. Оказывается, что каждая полоса имѣетъ свой спектръ возбужденія, который получимъ, измѣряя для каждой длины волны интенсивность возбужденной полосы. Мы видѣли, что только тотъ свѣтъ, который поглощается активнымъ веществомъ, можетъ вызывать флуоресценцію и фосфоресценцію. Противоположный постулатъ не будетъ имѣть мѣста въ каждомъ случаѣ: не всякая свѣтовая энергія, поглощенная активнымъ тѣломъ, будетъ возбуждать его фосфоресценцію. Распредѣленіе возбужденія, имѣющее особый видъ для каждой полосы въ спектрѣ фосфоресценціи, не совпадаетъ обязательно съ спектромъ поглощенія. Мы часто будемъ встрѣчать на практикѣ случаи, гдѣ особенно рѣзкимъ полосамъ въ спектрѣ поглощенія, такъ называемому селективному поглощенію, будетъ соотвѣтствовать особенная активность этой части спектра, какъ возбудителя луминесценціи или фотохимической реакціи. Въ большинствѣ случаевъ распредѣленіе возбужденія имѣетъ три рѣзко выраженныхъ максимума. Интенсивность испускаемаго свѣта, соотвѣтствующаго этимъ различнымъ максимумамъ, измѣняется съ измѣненіемъ способа приготовленія фосфора, интенсивность каждаго максимума, однако, измѣняется независимо отъ другихъ, что указываетъ на различіе эмиссіонныхъ центровъ.

Мы видѣли, что важное значеніе имѣетъ отдѣльное разсмотрѣніе свѣта въ зависимости отъ того, черезъ сколько времени по прекращеніи возбужденія мы наблюдаемъ. Ленардъ разсматриваетъ три различныхъ испусканія: длительное, мгновенное, ультрафіолетовое. Каждое имѣетъ свой опредѣленный спектръ возбужденія.

Наблюденіе ихъ становится возможнымъ, такъ какъ скоро загорающійся свѣтъ скоро потухаетъ и обратно. Соотвѣтственно этому Ленардъ разсматриваетъ и три различныхъ возбужденія, вообще три процесса, которые обозначаетъ въ той-же послѣдовательности *d*, *m* и *u* процессами; *d*—процессъ мы наблюдаемъ, когда продолжительно возбуждаемъ фосфоръ и наблюдаемъ испускаемый свѣтъ черезъ нѣкоторое время по прекращеніи освѣщенія, *m*—процессъ мы наблюдаемъ тотчасъ по прекращеніи освѣщенія. Удобнѣе всего наблюдать *m*—процессъ, пользуясь короткимъ освѣще-

ніемъ, такъ какъ при этихъ условіяхъ интенсивность *d*—испусканія много слабѣе. Кромѣ этихъ двухъ возбужденій, имѣющихъ опредѣленное распредѣленіе: *d* — обыкновенно съ указанными тремя максимумами, *m* — обыкновенно съ однимъ, лежащимъ обыкновенно между двумя *d* — максимумами, наблюдается третій, *u*—процессъ, дающій интенсивный свѣтъ только при возбужденіи ультрафіолетовымъ свѣтомъ, активность котораго тѣмъ больше, чѣмъ меньше длина волны. Длительность *u*— процесса средняя. Интенсивность отдѣльныхъ процессовъ измѣняется самостоятельно при измѣненіи способа приготовленія фосфора.

Наблюдая интенсивность испускаемаго свѣта при различной температурѣ, Ленардъ приходитъ къ выводу, что каждая полоса въ спектрѣ фосфоресценціи проходитъ три стадіи, которыя онъ обозначаетъ: нижнее моментальное состояніе при низкой температурѣ (*UMZ*), длительное при средней (*DZ*) и верхнее моментальное при высокой (*OMZ*). Во всѣхъ трехъ состояніяхъ наблюдается вообще свѣченіе во время освѣщенія. Въ *UMZ*, однако, наблюдается кромѣ того накопленіе свѣтовой энергіи; фосфоръ отдаетъ эту энергію въ видѣ свѣта-же, если мы нагрѣемъ его до извѣстной температуры. Въ *DZ* наблюдается свѣченіе и накопленіе, накопленная-же энергія выдѣляется въ видѣ свѣта-же при данной температурѣ, что выражается въ томъ, что фосфоръ продолжаетъ свѣтиться по прекращеніи освѣщенія. Въ *OMZ* не наблюдается вовсе накопленія; фосфоресценція перешла въ флуоресценцію. Обозначенія низкая и высокая температура здѣсь относительны. То, что для одной полосы или одного фосфора являетси низкой, можетъ оказаться высокой температурой для другого случая.

Мы видѣли, что Ленардъ для длительнаго и мгновеннаго дѣйствія наблюдалъ два различныхъ спектра возбужденія. Изъ независимости этихъ спектровъ другъ отъ друга, при измѣненіи свойствъ фосфора, Ленардъ выводитъ существованіе различныхъ центровъ возбужденія. Независимость этихъ центровъ выражается дальше въ томъ, что при повышеніи температуры *d*—центръ не превращается въ *m*—центръ, и это слѣдуетъ изъ того, что фосфоръ не свѣтится при температурѣ верхняго моментальнаго состоянія въ области спектра

принадлежащей къ d—, но не къ m—возбужденію. И обратно, при низкой температурѣ m—центры не превращаются въ d-центры. При низкой температурѣ не наблюдается вовсе накопленія въ области спектра, принадлежащей только къ m—распредѣленію. Накопленіе наблюдается при низкой тем пературѣ только въ спектральной области d-возбужденія.

Ленардъ[1]) строитъ очень детально разработанную картину механизма фосфоресценціи, отличающуюся большой сложностью и фантастичностью въ подробностяхъ; мы не будемъ приводить ее въ цѣломъ. Ленардъ видитъ также въ этихъ явленіяхъ нѣчто въ родѣ резонанса. Однако, онъ не отождествляетъ свѣтящійся электронъ съ электронами, откликающимися на возбуждающія свѣтовыя колебанія, что подтверждается существованіемъ отдѣльныхъ m, d и u распредѣленій возбужденія одной и той-же полосы. Свѣтовыя колебанія выводятъ изъ положенія равновѣсія нѣкоторые электроны, эти послѣдніе возвращаются къ положенію равновѣсія и этимъ заставляютъ колебаться другіе электроны, электроны испусканія, которые въ свою очередь вызываютъ колебанія эѳира. Выведеніе электроновъ изъ положенія равновѣсія соотвѣтствуетъ свѣтоэлектрическому эффекту на металлическихъ поверхностяхъ—эффекту Гальвакса. Опытомъ доказано, что синтетическіе фосфоры, которыми пользовался Ленардъ, даютъ селективный фотоэлектрическій эффектъ въ области спектра, соотвѣтствующей возбужденію фосфоресценціи. Нѣкоторые электроны не тотчасъ начинаютъ возвращаться къ положенію равновѣсія. Это соотвѣтствуетъ накопленію энергіи при d-процессѣ.

Числа колебаній электроновъ, представляющихъ ничто иное, какъ электрическіе осцилляторы, должны зависѣть отъ емкости этихъ осцилляторовъ и, такимъ образомъ, отъ діэлектрической постоянной среды. Лыбопытно, что вычисленіе даетъ въ результатѣ, что діэлектрическая постоянная среды, которую приходится имѣть здѣсь въ виду для электроновъ возбужденія, есть средняя діэлектрическая постоянная фосфора, могущая быть найденной изъ обыкновенныхъ

[1]) Ph. Lenard. Ueber Lichtemission und deren Erregung. Sitzungsberichte der Heidelb. Akad. der Wiss. 1909. J. J. Ath.

измѣреній. Для электрона испусканія приходится принять иную постоянную. Это различіе вполнѣ согласуется съ неотождествленіемъ возбуждающаго и свѣтящагося электрона. Приэтомъ приходится допустить, что возбуждающій электронъ выходитъ далеко за предѣлы активнаго металлическаго атома (Ленардъ изслѣдовалъ главнымъ образомъ фосфоры, приготовленные раствореніемъ слѣдовъ *Cu*, *Pb*, *Mn* и т. д. въ сульфидахъ *Ba*, *Sr*, *Ca*); для него имѣетъ значеніе средняя діэлектрическая постоянная фосфора. Иногда электронъ выходитъ такъ далеко за предѣлы атома, что не возвращается обратно, это эффектъ Гальвакса. Для электрона испусканія, очевидно не выходящаго далеко за предѣлы атома, играетъ роль иная діэлектрическая постоянная болѣе тѣсной среды, не тождественная съ средней діэлектрической постоянной фосфора.

Отмѣтимъ еще, что спектры фосфоресценціи не даютъ эффекта Зееманна — расщепленія спектральныхъ линій въ магнитномъ полѣ. На основаніи эффекта Зеемана, наблюдаемаго въ спектрѣ свѣтящихся металлическихъ паровъ, выведено заключеніе, что свѣченіе это слѣдуетъ приписать элементарнымъ негативнымъ электронамъ. Такимъ образомъ нельзя отождествить электроновъ фосфоресценціи съ этими электронами.

Въ введеніи мы видѣли, что только термоактиническое свѣченіе слѣдуетъ закону Кирхгофа. Кромѣ, однако, количественнаго значенія можно разсматривать чисто качественную сторону вопроса. Въ такомъ случаѣ оказывается, что принципъ закона Кирхгофа въ этомъ расширенномъ значеніи имѣетъ приложеніе ко всѣмъ почти случаямъ свѣченія газовъ при высокой температурѣ или въ Гейслеровой трубкѣ. Достаточно указать на извѣстное обращеніе спектровъ испусканія свѣтящихся паровъ. Въ этихъ случаяхъ мы имѣемъ полное совпаденіе между спектрами поглощенія и испусканія. При явленіяхъ фосфоресценціи не наблюдается вообще этой параллельности между обоими спектрами.

Мало того, Урбенъ, напримѣръ, не находитъ вообще никакой зависимости между спектрами фосфоресценціи рѣдкихъ земель и ихъ спектрами поглощенія. Брунингтаузъ дѣлаетъ болѣе подробную классификацію спектровъ и на-

ходитъ, что группы полосъ спектра фосфоресценціи располагаются вообще въ частяхъ спектра, свободныхъ отъ полосъ спектра поглощенія.

Мы имѣемъ только одинъ случай, когда спектръ поглощенія отчасти совпадаетъ съ спектромъ фосфоресценціи, гдѣ не общія обоимъ спектрамъ полосы продолжаютъ ту-же серію. Замѣчательна фосфоресценція урановыхъ соединеній какъ по своей яркости, такъ и потому, что это единственный повидимому случай, когда фосфоресцируетъ простое химическое соединеніе. Эта фосфоресценція подробно изучена Г. и Ж. Беккерелями и Камерлингъ-Оннесомъ [1]). Въ случаѣ урановыхъ соединеній наблюдается тѣсная зависимость между спектромъ испусканія и спектромъ поглощенія. Повидимому въ этомъ болѣе элементарномъ случаѣ фосфоресценціи простого тѣла проявляется тѣсная связь между поглощеніемъ и испусканіемъ, которая для термоактиническаго свѣченія выражается закономъ Кирхгофа. Полосы поглощенія и испусканія составляютъ одну серію, причемъ одна полоса совпадаетъ въ обоихъ спектрахъ. Всѣ внѣшнія условія, которыя измѣняютъ спектръ поглощенія, измѣняютъ спектръ испусканія. Изъ этихъ внѣшнихъ условій замѣчательно вліяніе низкой температуры. Интенсивность и длительность фосфоресценціи не измѣняются (очевидно, здѣсь не достигнуто и при низкихъ температурахъ жидкаго азота и водорода нижнее моментальное состояніе для урановыхъ соединеній). Полосы становятся болѣе узкими, причемъ это касается какъ спектра поглощенія, такъ и спектра испусканія. Всѣ полосы перемѣщаются съ пониженіемъ температуры въ сторону болѣе короткой длины волны, причемъ это перемѣщеніе идетъ повидимому рука объ руку съ измѣненіемъ объема и діэлектрической постоянной. Измѣреніе при низкой температурѣ возможно съ гораздо большей точностью, благодаря узости полосъ. Изслѣдованы были двойные сульфаты уранила съ каліемъ, натріемъ и аммоніемъ, нитратъ уранила и двойной ацетатъ съ натріемъ. Авторы того мнѣнія, что фосфоресценцію въ данномъ случаѣ нельзя приписывать при-

---

[1]) H. et J. Becquerel et H. Kamerlingh-Onnes. Phosphorescence des sels d'uranyle aux très basses températures. An. de Ch. et Ph. VIII, 20 – 145 (1910. II).

мѣсямъ. Однако, они думаютъ, что не всякая молекула является въ данномъ случаѣ активной, что концентрація активныхъ молекулъ очень мала, что, впрочемъ, допущено многими учеными и относительно свѣченія газовъ.

Намъ остается разсмотрѣть вліяніе инфракрасныхъ лучей на свѣтящіеся фосфоры. Это вліяніе, по своимъ результатамъ почти тождественное съ вліяніемъ высокой температуры, было впервые изслѣдовано Риттеромъ въ 1803 г. Онъ нашелъ, что красные и ультракрасные лучи не только слабѣе возбуждаютъ, но даже иногда погашаютъ уже свѣтящіеся фосфоры. Онъ объясняетъ это различнымъ химическимъ дѣйствіемъ лучей: одни окисляютъ, другіе возстановляютъ. Э. Беккерель также изслѣдуетъ это явленіе, причемъ находитъ, что въ первое время ультракрасные лучи дѣлаютъ свѣченіе болѣе интенсивнымъ, но вслѣдъ за этимъ идетъ быстрое потуханіе. Вліяніе это то-же, что и высокой температуры, и позднѣйшіе изслѣдователи часто видѣли причину въ повышеніи температуры отдѣльныхъ частицъ. Однако, уже Беккерель думаетъ иначе въ виду того, что измѣняется самый спектръ фосфоресценціи, правда, въ большинствѣ случаевъ незначительно. Само погашеніе наблюдается иногда далеко за предѣлами краснаго свѣта, часто до линіи *H*. Оказалось, что существуетъ какъ-бы отдѣльный спектръ погашенія [1]), причемъ гаснутъ и отдѣльныя полосы ультрафіолетоваго спектра. Мы не будемъ разбирать попытокъ объясненія этого явленія, представившаго большія трудности для всѣхъ теорій фосфоресценціи, укажемъ только, что химическая теорія Видеманна объясняетъ погашеніе химическимъ вліяніемъ этихъ лучей на продукты расщепленія. Эта теорія предусматриваетъ и различіе спектровъ, получаемыхъ при вліяніи теплоты или ультракраснаго свѣта на свѣтящіеся фосфоры во время свѣченія.

Остановимся еще на практическомъ примѣненіи этого погашенія фосфоресценціи. Дреперъ [2]) изслѣдовалъ погашеніе спектра фотографическимъ путемъ. Пластинку съ фосфо-

[1]) A. Dahms. Beiträge zur Kenntniss der Erscheinungen der Phosphoreszenz. D. A. 13—425 (1904).

[2]) J. W Draper. On the phosphorograph of a solar spectrum and on its infraredregions. Phil. Mag. 151, 11—157 (1881).

ресцирующей субстанціей, на которой потухли части спектра вслѣдствіе проектированія на нее спектра, онъ приводитъ въ соприкосновеніе съ фотографической пластинкой. Получаются негативы, на которыхъ потушенныя части спектра обозначены свѣтлыми полосами. Такимъ-же образомъ Дреперъ впервые нашелъ и погашеніе въ ультрафіолетовой части спектра. Впервые онъ-же и примѣнилъ этотъ методъ къ изслѣдованію инфракрасной области солнечнаго спектра. Г. Беккерель изслѣдовалъ тѣмъ-же путемъ спектры поглощенія, а позже и спектры свѣтящихся паровъ, въ инфракрасной части спектра, причемъ дошелъ до длины волны 1,5 μ. Хотя этотъ методъ по своей точности часто уступаетъ болометрическому, тѣмъ не менѣе онъ имѣетъ и свои преимущества — большей легкости и объективности.

Лейпцигъ.

Къ теоріи спектральныхъ серій.

Г. А. Вильсона[1]).

По отношенію къ спектрамъ элементовъ является важный вопросъ, принадлежатъ ли различныя частоты колебаній различнымъ родамъ колебаній одной системы, или-же колебаніямъ системъ различнаго рода. Въ послѣдніе годы выяснилось, что вторая альтернатива болѣе вѣроятна.

Такъ Ритцъ[2]) въ своихъ первыхъ статьяхъ разсматривалъ различныя линіи, какъ принадлежащія различнымъ сортамъ колебаній системы съ двумя степенями свободы, но затѣмъ онъ оставилъ эту теорію и предположилъ, что различныя линіи принадлежатъ различнымъ системамъ, причемъ каждая система обладаетъ только однимъ, для нея возможнымъ, періодомъ.

Ритцъ получилъ свои различныя системы, полагая, что электронъ колеблется въ немъ вдоль оси магнита, построеннаго изъ перемѣннаго числа элементарныхъ магнитовъ. Эта теорія, хотя несомнѣнно полезная и важная, кажется пишущему эти строки крайне искусственной и невѣроятной. Ее также повидимому невозможно согласовать съ другими теоріями атомистическаго строенія, какъ напримѣръ, съ хорошо извѣстной теоріею сэра Дж. Дж. Томсона, которая, поскольку это видно теперь, должна заключать въ себѣ значительную долю истины.

По теоріи сэра Дж. Дж. Томсона атомъ состоитъ изъ среды положительнаго электричества равномѣрной плотности,

---

[1]) Prof. H. A. Wilson. Phil. Mag. 1912. № 136.

[2]) Ritz. Gesammelte Werke, Paris, 1911.

содержащей отрицательные электроны, которые свободно могутъ двигаться внутри сферы.

Легко показать, что подобный атомъ имѣетъ только одинъ періодъ колебанія, могущій дать замѣтное излученіе. Хорошо извѣстно [2]), что излученіе отъ ряда электроновъ, занимающихъ объемъ, размѣры коего малы сравнительно съ длиною свѣтовой волны, весьма близко къ излученію одного электрона, движущагося съ ускореніемъ, равнымъ результирующей ускореній всѣхъ электроновъ.

Возьмемъ центръ положительной сферы за начало координатъ и пусть

$$x_1, y_1, z_1, \quad x_2, y_2, z_2, \quad \ldots x_n, y_n, z_n$$

будутъ координаты n электроновъ, въ ней заключенныхъ. Составляющія результирующей ускореній всѣхъ электроновъ будутъ

$$\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2 + \ldots = \Sigma\ddot{x}, \ \Sigma\ddot{y} \text{ и } \Sigma\ddot{z}.$$

Если $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ будутъ координаты центра массъ n электроновъ, то мы имѣемъ

$$n\ddot{\bar{x}} = \Sigma\ddot{x}, \ n\ddot{\bar{y}} = \Sigma\ddot{y}, \ n\ddot{\bar{z}} = \Sigma\ddot{z}.$$

Излученіе поэтому опредѣляется ускореніемъ центра массъ электроновъ атома. Его легко найти, такъ какъ каждый электронъ притягивается къ началу координатъ съ силою μr, пропорціональною разстоянію отъ начала, а также находится подъ вліяніемъ силъ, источникомъ коихъ служатъ другіе электроны. Силы между электронами не вліяютъ на движеніе центра массъ, такъ что мы получаемъ

$$n\ddot{\bar{x}} = \Sigma\ddot{x} = -\frac{\mu}{M}\Sigma x = -\frac{n\mu}{M}\bar{x}$$

и подобное-же уравненіе для $\ddot{\bar{y}}$ и $\ddot{\bar{z}}$. Такимъ образомъ, центръ массъ имѣетъ три равныхъ періода колебаній около начала

---

[2]) H. A. Lorentz, „Theory of Electrons", p. 120.

координатъ съ величиною періода

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{\mu}}\,.$$

Эта величина и будетъ періодомъ излученія, испускаемаго атомомъ, такъ какъ всѣ другіе періоды практически малозначущи. Мы также имѣемъ $\mu = {}^4/_3\,\pi e \rho$, гдѣ e зарядъ одного электрона и ρ зарядъ положительной сферы, приходящійся на 1 кс. Поэтому, если $\nu = {}^1/\lambda$, гдѣ λ есть длина волны испускаемаго свѣта, мы получимъ

$$\nu = \sqrt{\frac{e\rho}{3\pi c^2 M}}\,,$$

гдѣ c обозначаетъ скорость свѣта.

Отсюда оказывается, что ν есть функція только ρ, такъ какъ c, e и M суть постоянныя величины. Поэтому для объясненія различныхъ значеній ν въ спектрахъ мы должны предположить, что для молекулъ, посылающихъ различныя линіи, ρ должно имѣть различныя значенія.

Возможны предположенія о двухъ разныхъ путяхъ, по которымъ мѣняется ρ. Во-первыхъ, мы можемъ предположить, что когда нѣсколько атомовъ слагаются въ молекулу, то они создаютъ положительную сферу другой плотности, такъ что если m опредѣляетъ числа атомовъ въ молекулѣ, мы имѣемъ рядъ значеній ρ, соотвѣтствующихъ $m = 1, 2, 3, 4...$ Во-вторыхъ, молекула можетъ потерять нѣсколько электроновъ, напримѣръ n, причемъ можемъ также предположить, что потеря электрона мѣняетъ ρ.

Сообразно сказанному мы должны ожидать, что ρ, а потому и ν, есть функція двухъ цѣлыхъ m и n.

Когда два атома соединяются въ молекулу, то обыкновенно происходитъ уменьшеніе общаго объема. Это привело проф. Richards'а [1]) къ предположенію, что атомы сжимаемы, и когда два атома образуютъ химическое соединеніе, то притяженіе между ними производитъ уменьшеніе объема. Такимъ образомъ, мы должны ожидать, что ρ увеличивается

---

[1]) Faraday Lecture, 1911.

съ m. Мы также въ правѣ думать, что при увеличеніи m измѣненіе ρ, зависящее отъ присоединенія лишняго атома, становится все меньше, такъ что для весьма большихъ значеній m, ρ получаетъ предѣльное значеніе.

Что касается n, то ясно, что увеличеніе полнаго заряда атома должно вызывать возрастаніе его объема, такъ какъ электрическое напряженіе на поверхности стремится его увеличить. Поэтому мы должны ожидать, что ν уменьшается съ n, а при возрастаніи m стремится къ предѣльному значенію.

Различныя серіи въ спектрѣ отдѣльнаго элемента могутъ быть представлены формулою, дающею ν въ видѣ функціи двухъ цѣлыхъ чиселъ. Такъ, для водорода мы имѣемъ

$$\nu = N\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right),$$

гдѣ N есть постоянная величина, а n и m цѣлыя числа.

Для другихъ элементовъ мы имѣемъ согласно Ритцу

$$\nu = \frac{N}{\left(n + a + \frac{b}{n^2}\right)^2} - \frac{N}{\left(m + a^1 + \frac{b^1}{m^2}\right)^2}.$$

Если мы даемъ n частное значеніе, то мы получаемъ серію линій, мѣняя m.

Новѣйшія изслѣдованія, повидимому, показываютъ, что всѣ эти формулы не совпадаютъ точно съ наблюдаемыми значеніями, вслѣдствіе чего кажется, что въ концѣ концовъ всѣ онѣ эмпирическаго характера и не имѣютъ большого физическаго значенія. Однако, онѣ показываютъ, что во многихъ случаяхъ ν есть функція двухъ цѣлыхъ чиселъ. Въ приведенныхъ формулахъ мы также замѣчаемъ, что увеличеніе m увеличиваетъ ν до предѣла, между тѣмъ, какъ увеличеніе n уменьшаетъ ν.

Мы слишкомъ мало знаемъ о природѣ положительнаго электричества, чтобы быть въ состояніи формулировать удовлетворительную теорію измѣненія его плотности. Послѣдующее имѣетъ только цѣлью иллюстрировать, какъ указан-

ная теорія можетъ привести къ формуламъ, подобнымъ Бальмеровской.

Предположимъ, что положительная сфера обладаетъ такимъ свойствомъ, какъ будто она имѣетъ поверхностное натяженіе T, и что связь между ρ и давленіемъ p, вызываемомъ T, есть $p=(\alpha\rho)^{1}/_{3}$, гдѣ α постоянная величина. Предположимъ также, что T есть функція ρ, опредѣляемая формулой

$$T=\left(\frac{a}{b-\sqrt{\rho}}\right)^{1/6}$$

съ постоянными a и b.

Мы также имѣемъ $\rho=\dfrac{mE}{V}$, гдѣ $V={}^4/_3\pi R^3$ есть объемъ сферы, R ея радіусъ, а E зарядъ сферы одного атома.

Кромѣ того

$$p=2T/R \text{ и } \nu=\sqrt{e\rho/3\pi c^2 M}.$$

Разрѣшая всѣ эти уравненія относительно ν, мы легко получаемъ

$$\nu=a^1-b^1/m^2,$$

формулу съ постоянными a^1 и b^1, сравниваемую съ формулою для спектра водорода.

Нѣсколько важныхъ фактовъ получаютъ по приведенной теоріи удовлетворительное объясненіе. Соли щелочныхъ металловъ даютъ въ пламени только одну или двѣ линіи. Это объясняется тѣмъ, что паръ соли очень разрѣженъ и смѣшанъ съ относительно огромнымъ количествомъ горящихъ газовъ, такъ что крайне невѣроятно, чтобы соединились болѣе, чѣмъ два атома металла. Наибольшее число линій серіи наблюдается, когда металлъ нагрѣтъ въ трубкѣ съ выкаченнымъ воздухомъ. Въ этомъ случаѣ паръ насыщенъ и конденсируется въ болѣе холодныхъ частяхъ ея, такъ что условія для образованія молекулъ, содержащихъ много атомовъ, очень благопріятны.

Повидимому, линіи, наблюдаемыя съ помощью пламени, испускаются незаряженными молекулами, такъ что для

этихъ линій мы должны имѣть $n=0$. Мы можемъ написать $n+1$ и $n+2$ вмѣсто n въ формулахъ для V съ тѣмъ, чтобы сдѣлать ихъ приложимыми для случая $n=0$.

Три серіи водорода даются формулами:

$$\nu = N\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}\right) \quad m = 3, 4, 5, \ldots$$

$$\nu = N\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{(m+0{,}5)^2}\right) \quad m = 2, 3, 4, \ldots$$

$$\nu = N\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{m^2}\right) \quad m = 4, 5, 6, \ldots$$

Можно предположить, что главная серія образована незаряженными молекулами, содержащими четное число атомовъ. Второй рядъ можетъ быть образованъ незаряженными молекулами, содержащими нечетное число атомовъ, а третій рядъ—молекулами, потерявшими по одному электрону и содержащими четное число атомовъ. Всѣ три ряда могутъ быть представлены формулою

$$\nu = N\left[\frac{1}{(n+2)^2} - \left(\frac{2}{m+4}\right)^2\right],$$

гдѣ n есть число электроновъ, потерянныхъ каждою молекулою, а m число атомовъ въ молекулѣ.

Первый рядъ образованъ комбинаціями обыкновенныхъ молекулъ H_2 и есть тотъ, который обыкновенно наблюдается.

Mc Gill University,
Montreal.

Современныя теоріи Солнца.

К. Баева[1]).

Триста лѣтъ назадъ Іоганномъ Фабриціусомъ открыты были (9 марта 1611 г.) таинственныя пятна на Солнцѣ[2]). Свое открытіе и свои наблюденія І. Фабриціусъ описалъ въ малоизвѣстной брошюрѣ: „De maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione narratio, 4⁰, Wittenburgae". Такъ положено было начало физикѣ Солнца.

Триста лѣтъ — срокъ не малый и, вмѣсто несовершенныхъ рисунковъ первыхъ наблюдателей солнечныхъ пятенъ, мы имѣемъ въ настоящее время рядъ чудесныхъ спектрогеліограммъ въ различныхъ спектральныхъ лучахъ, полученныхъ Гелемъ, Деландромъ и др. астрономами; эти спектрогеліограммы хотя отчасти раскрываютъ тайны гигантскихъ, несравнимыхъ съ земными, процессовъ, совершающихся въ самихъ пятнахъ и около нихъ, передаютъ намъ такія подробности этихъ процессовъ, которыя не могли быть открыты никакими другими средствами. Прогрессъ физики Солнца за триста лѣтъ несомнѣненъ.

Но, не смотря на рядъ открытій, въ физикѣ Солнца еще не мало темныхъ мѣстъ, и не пришло еще время для созданія стройной теоріи солнечныхъ явленій. Поэтому въ своемъ обзорѣ я коснусь только теорій, объясняющихъ отдѣльныя солнечныя явленія, т.-е. пятна, факелы, гранулы, протуберанцы и строеніе короны. При обзорѣ различныхъ

---

[1]) Докладъ, сдѣланный 27 декабря 1911 г. въ засѣданіи подъотдѣла астрофизики Второго Менделѣевскаго Съѣзда.

[2]) Объ І. Фабриціусѣ см. интересный мемуаръ Oudemans'a и Bosscha въ „Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles", II série, t. VIII, p. 115 и слѣд.

теорій я, ради краткости, позволю себѣ остановиться только на изложеніи тѣхъ изъ нихъ, которыя, такъ сказать, соотвѣтствуютъ текущему моменту въ развитіи геліофизики и, слѣдовательно, базируются на послѣднихъ, недавнихъ открытіяхъ — главнымъ образомъ Геля и его сотрудниковъ на горѣ Вильсонъ.

Начнемъ съ пятенъ. Послѣ замѣчательной работы Геля „Solar Vortices“ [1]), большинство астрономовъ вернулось, повидимому, къ вихревой теоріи, которую особенно горячо защищали Рейе [2]) и Гальмъ[3]). Въ 1909 г. самъ Гель рѣшается высказать, что солнечныя пятна „суть, повидимому, электрическіе вихри“ [4]). Спектрогеліограммы въ *Hα*—лучахъ иллюстрировали такую вихревую теорію достаточно убѣдительно. Съ своей стороны А. Брестеръ [5]) далъ другую теорію. Брестеръ видитъ въ вихревой структурѣ, замѣтной около пятенъ на *Hα*—спектрогеліограммахъ, сходство съ земными сѣверными сіяніями. Черезъ разрывы и отверстія въ фотосферѣ вырываются, по Брестеру, мощные потоки β и γ лучей. Согласно изслѣдованіямъ Геля, пятна можно уподобить гигантскимъ соленоидамъ; если такъ, то станетъ понятнымъ, почему надъ этими мощными соленоидами замѣчается вихревая структура: заряженныя частички просто располагаются по линіямъ силъ, и гипотеза Брестера есть просто „aurora hypothesis“, какъ охарактеризовалъ ее Гель [6]). Такимъ образомъ, по Брестеру водородные *Hα*—флоккулы—нѣчто вродѣ гигантскихъ сѣверныхъ сіяній въ высшихъ слояхъ хромосферы, причудливо раскидывающихъ свои лучи надъ тѣнями пятенъ.

Что же такое пятна? Разгаданъ ли окончательно ихъ „великій секретъ“ (Галилей)? Осторожныя слова Геля лишь

---

[1]) Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory, № 26; Astrophysical Journal 28, 100, 1908.

[2]) Reye. Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erd-Atmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnen-Atmosphäre, 1872.

[3]) J. Halm. Contributions to the theory of the Sun. Annals of the Royal Observatory, Edimburg, Vol. I, p.p. 74—151, 1902.

[4]) Solar Observatory. Annual Report of the Director. 1909.

[5]) Brester. Amsterdam Academy of Sciences, January 30, 1909. Revue générale des Sciences, numéro du 30 août 1909.

[6]) Hale. Notes on solar magnetic fields and related phenomena. Publications of the Astronomical Society ot the Pscific, Vol. XXII, number 131, p. 72.

слегка пріоткрываютъ завѣсу... Спектрогеліограммы указываютъ на существованіе вихрей надъ пятнами, но ничего не говорятъ о явленіяхъ въ фотосферѣ, гдѣ зарождаются пятна. Можетъ быть, и сами пятна—колоссальные вихри, какъ давно высказалъ Г. Фай? Въ недавно появившейся книгѣ Абботъ [1]) авторомъ сдѣлана попытка дать вихревую теорію пятенъ, согласную съ новѣйшими спекрогеліографическими изслѣдованіями. „Мы можемъ разсматривать“, пишетъ Абботъ, „солнечныя пятна, какъ вихри“ (vortices). Далѣе Абботъ сравниваетъ (какъ и Фай) эти вихри со смерчами на морѣ—„съ воронкообразнымъ расширеніемъ на вершинѣ“. По Абботу движеніе вещества въ такихъ вихряхъ совершается снизу вверхъ, такъ что весь вихрь восходящій (по Мону и всѣ земные вихри—восходящіе); скорость движенія огромная, и несущіеся въ вихрѣ газы охлаждаются, вслѣдствіе ихъ быстраго расширенія по мѣрѣ приближенія къ вершинѣ вихря. Достигнувъ вершины вихря, охлажденные газы двигаются по спиралямъ быстро увеличивающихся радіусовъ, отчего и получается радіальное расположеніе по отношенію къ центральной части вихря (если смотрѣть сверху). Въ этой центральной части температура, по Абботу, можетъ упасть до 3500° Ц.; слѣдовательно, возможно ожидать образованія частицъ жидкихъ и даже, можетъ быть, твердыхъ. Пониженіемъ температуры Абботъ объясняетъ усиленіе и нѣкоторыхъ линій въ спектрахъ пятенъ. Такого же мнѣнія придерживается и Адамсъ [2]). Какъ и Гель [3]), Абботъ считаетъ вихри пятенъ содержащими заряженныя частички и объясняетъ расширеніе и раздвоеніе линій въ спектрахъ пятенъ дѣйствіемъ конвекціонныхъ электрическихъ токовъ, образующихся при быстромъ вихревомъ движеніи заряженныхъ частицъ въ пятнахъ. Однако, по мнѣнію Аббота, трудно допустить присутствіе въ пятнахъ такихъ заряженныхъ частицъ въ достаточномъ количествѣ; поэтому Абботъ

---

[1]) The Sun by Charles G. Abbot. 1912. Chapter VI (What is the Sun?). The Author's Views, p.p. 267–271.

[2]) Adams. Astrophysical Journal 30, 86, 1909.

[3]) Hale. On the probable existence of a Magnetic Field in Sun-Spots. Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory, № 30; Astrophysical Journal, 28, 329, 1908.

предполагаетъ, что электризація вихря пятна возникаетъ благодаря тренію частицъ разнородныхъ веществъ, словно въ гигантской гидро-электрической машинѣ Армстронга [1]). Для объясненія магнитнаго дѣйствія вращающейся фотосферной матеріи въ вихряхъ пятенъ можно было бы, пожалуй, принять скорѣе всего гипотезу Сутерланда [2]), но недавніе замѣчательные опыты П. Н. Лебедева свидѣтельствуютъ противъ нея [3]). Впрочемъ, опыты Лебедева не могутъ еще считаться законченными, и пока опубликовано только предварительное сообщеніе объ этихъ опытахъ [4]).

Причина возникновенія вихревого движенія фотосферной матеріи неизвѣстна, и Абботъ на вопросъ, отчего образуются пятна, отвѣчаетъ: „что касается до причины образованія солнечныхъ пятенъ, то тутъ могутъ быть однѣ догадки“.

Въ центрѣ вихря солнечнаго пятна есть, повидимому, тенденція къ образованію „мѣстной“ (partial) пустоты, въ которую и всасывается плавающая надъ пятнами хромосферная матерія. Фактъ такого „всасыванія“ съ несомнѣнностью установленъ спектрогеліограммами въ $H\alpha$—лучахъ, полученными Ст. Джономъ на M-t Wilson Solar Observatory 3-го іюня 1908 г.; можно было ясно констатировать, что большой темный флоккулъ, постепенно приближаясь къ пятну съ двойнымъ ядромъ, былъ въ концѣ-концовъ словно втянутъ внутрь воронки вихря этого пятна, причемъ флоккулъ раздѣлился на два меньшихъ флоккула, эти флоккулы вытянулись и, словно тонкія длинныя щупальца, протянулись къ обоимъ ядрамъ упомянутаго пятна. Скорость постепеннаго всасыванія флоккула оказалась около 100 километровъ въ секунду [5]); косвенно наличность всасыванія какъ бы

[1]) Abbot. The Sun, p. 213.

[2]) По этой гипотезѣ центры тяжести разноименныхъ электрическихъ зарядовъ нейтральнаго атома смѣщены другъ относительно друга вслѣдствіе силы тяжести. См. W. Sutherland. Terrestr. Magnet and Atmosph. Electr. 8, p. 49, 1903; 9, p. 167, 1904.

[3]) П. Н. Лебедевъ Магнитометрическое изслѣдованіе вращающихся тѣлъ. Ж. Ф. О., 43, p.p. 484—496.

[4]) Въ послѣднее время опыты П. Н. Лебедева производились въ физической лабораторіи Московскаго Городского Университета имени Шанявскаго.

[5]) Hale, „Sur les Champs Magnétiques des Taches Solaires“. Journal de Physique, 4-ème Série, t. VIII, 1909, p. 464.

подтверждаетъ предположеніе о томъ, что пятна—вихри фотосфернаго вещества, подымающіеся въ хромосферу. Въ большинствѣ случаевъ пятна предваряются, какъ извѣстно, факелами, по Фоксу - эруптивными протуберанцами. Несомнѣнно между факелами, пятнами и протуберанцами существуетъ извѣстная связь.

По Абботу факелы — просто „области болѣе высокой температуры" („regions of superior temperature"). Плавающіе надъ факелами пары и газы будутъ, по мнѣнію Аббота, „задерживать излученіе", и результатомъ можетъ явиться „перегрѣваніе" нижнихъ областей (the regions below to be overheated) и стремленіе ниже лежащихъ газовъ расшириться. Можетъ, слѣдовательно, произойти поднятіе матеріи. Абботъ пишетъ [1]): „въ этомъ поднятіи обычно будетъ имѣть мѣсто вращеніе... и такимъ образомъ получится солнечное пятно". Матерія, согласно такому объясненію, получаетъ импульсъ снизу, но тогда, какъ показали опыты Шведова, долженъ былъ бы получиться нисходящій вихрь.

Какъ бы то ни было, уподобивъ пятна гигантскимъ соленоидамъ, мы получаемъ наиболѣе простое объясненіе нѣкоторыхъ особенностей спектра пятенъ, именно появленія въ спектрахъ такъ называемыхъ „дуплетовъ" [2]) и, вообще, явленія Земана въ пятнахъ.

Если, однако, мы, вмѣстѣ съ Абботомъ и др., можемъ дѣлать догадки о причинахъ возникновенія вихрей пятенъ или, лучше,—вихревого пятнообразовательнаго движенія, то не будетъ ли своевременнымъ опять обратиться къ теоріи очень стройной и красивой съ математической стороны—теоріи Эмдена? Согласно этой теоріи на Солнцѣ, вѣрнѣе внутри его газообразнаго ядра, могутъ съ теченіемъ времени образоваться Гельмгольцевскія „поверхности раздѣла", причемъ поверхности эти съ достаточнымъ приближеніемъ можно считать гиперболоидами вращенія (осью вращенія служитъ ось вращенія Солнца). Благодаря тренію, на подобныхъ „поверхностяхъ раздѣла" возможно ожидать за-

---

[1]) Abbot. The Sun, p. 270.

[2]) Ibid. p. 268. Cp. Hale, „Sur les Champs Magnétiques" etc, pp. 465, 468—473.

рожденія сначала волнового, а затѣмъ и вихревого движенія. Оси образующихся вихрей можно приближенно принять направленными по меридіанамъ гиперболоидовъ—„поверхностей раздѣла“ [1]). Теорія можетъ объяснить распредѣленіе пятенъ по диску Солнца и появленіе „па́рныхъ“ пятенъ, т. е. такихъ, изъ которыхъ одному, двигающемуся въ сѣверномъ полушаріи, соотвѣтствуетъ другое пятно—въ южномъ; по долготѣ такія пятна не всегда располагаются на одномъ меридіанѣ, но разница въ долготѣ не превышаетъ 5^0-6^0. Результаты Геля, повидимому, благопріятны для теоріи Эмдена [2]), и можетъ быть эта теорія, соотвѣтственнымъ образомъ видоизмѣненная, еще сыграетъ роль въ развитіи физики Солнца.

Перехожу къ грануламъ. Abботъ, какъ на лучшей, останавливается на старой, сравнительно, теоріи Шейнера [3]), который въ гранулахъ видитъ аналогію съ „волнистыми“ облаками или „барашками“ нашей атмосферы. Вотъ собственныя слова Шейнера: „я разсматриваю яркія гранулы фотосферы какъ гребни волнъ, видимые благодаря конденсаціи или, по крайней мѣрѣ, увеличенію конденсаціи при пересѣченіи двухъ серій волнъ“ [4]).

Такимъ образомъ, на сцену опять выступаютъ Гельмгольцевскія „поверхности раздѣла“ въ фотосферныхъ слояхъ, на которыхъ и зарождаются гигантскія волны солнечнаго океана. Абботъ нѣсколько видоизмѣняетъ теорію Шейнера; именно, по его мнѣнію, на гребняхъ волнъ мы увидимъ скорѣе темныя мѣста, а яркія гранулы будутъ тамъ, гдѣ „впадины“ волнъ [5]). Послѣ работъ Шевалье [6]), „фотосферная

---

[1]) См. напр. Emden „Beiträge zur Sonnentheorie“ (Sitzungsberichte der mathem.-phys. Classe der kgl. bayer. Akademie der Wissenschaften, Bd. XXXI, 1901, Heft. III, pp. 339—362) и позднѣйшее замѣчательное сочиненіе „Gaskugeln“ (Leipzig. 1907, B. G. Teubner).

[2]) Hale, „Sur les Champs Magnétiques des Taches Solaires“. Journal de Physique théorique et appliquée, 4-ème Série, t. VIII, p. 474.

[3]) Высказанной въ 1895 г.; въ недавно опубликованной „Populäre Astrophysik“ Scheiner снова говоритъ о „Wolkennatur der Photosphäre“ (Populäre Astrophysik. p. 468).

[4]) Цитирую по „Abbot'у: „The Sun“, p. 248.

[5]) Abbot, „Sun“, p. 249.

[6]) S. Chevalier, Astrophys. Journal, 27, pp. 12—24, 1908.

сѣтка“ Жансена не должна считаться явленіемъ въ солнечной атмосферѣ; заключенія Шевалье подтверждаются и недавними снимками Н. Н. Донича. Я не могу не прибавить, что съ попытками изученія, увы, далеко не законченнаго, эфемерной „жизни“ гранулъ навсегда должно быть связано имя незабвеннаго Алексѣя Павловича Ганскаго.

Выступы или протуберанцы породили, какъ извѣстно, цѣлый рядъ изслѣдованій и не мало теорій. Однако, наиболѣе отвѣчающей современному состоянію геліофизики надо признать теорію Прингсгейма [1]); Абботъ останавливается на ней, какъ на лучшей [2]). Прингсгеймъ считаетъ протуберанцы потоками положительныхъ іоновъ, т. е. видитъ въ нихъ аналогію съ анодными или каналовыми лучами нашихъ лабораторій. Тогда не трудно объяснить и колоссальныя скорости поднятія протуберанцевъ, такъ часто отмѣчавшіяся наблюдателями,—камень преткновенія прежнихъ теорій. Прингсгеймъ простымъ расчетомъ показываетъ, что, допустивъ, напр., для потенціала въ хромосферѣ измѣненіе въ 1250 вольтъ на 1 м., мы для положительнаго атома будемъ имѣть скорость въ 500 километровъ въ секунду. А рѣзкія измѣненія электрическаго потенціала въ хромосферѣ и обращающемъ слоѣ вполнѣ возможны и въ тысячи вольтъ и, можетъ быть, даже въ десятки тысячъ, потому что и на землѣ замѣчались паденія потенціала въ тысячу и болѣе вольтъ на 1 м. [3]). Но протуберанцы обнаруживаютъ, какъ извѣстно, „эффекъ Допплера — Физо“ и при томъ иногда очень значительный; недавно Штаркъ обнаружилъ смѣщенія такого же порядка, наблюдая линейчатые спектры въ каналовыхъ или закатодныхъ лучахъ, что придаетъ еще большую вѣроятность правильности воззрѣній Прингсгейма на протуберанцы. Повидимому, и другіе астрофизики готовы высказаться о протуберанцахъ въ томъ же духѣ; такъ, Риги недавно развилъ совершенно аналогичные взгляды [4]).

---

[1]) E. Pringsheim, „Physik der Sonne“. pp. 225—228.

[2]) Abbot, „Sun“, pp. 261—262.

[3]) Проф. А. В. Клоссовскій, „Основы метеорологіи“, стр, 441, 1910.

[4]) A. Righi, „Comete ed elettroni“ („Attualità Scientifiche“, № 13). Только что вышелъ русскій переводъ этой интересной брошюры подъ ред. проф. А. А. Иванова: А. Риги, „Кометы и электроны“, Спб., 1911, книгоизд. „Physice“ (см. стр. 44 русск. изд.).

Отъ протуберанцевъ естественно перейти къ теоріямъ флоккуловъ; но для флоккуловъ въ сущности остается въ силѣ рабочая гипотеза Геля и Эллермана [1]), согласно которой флоккулы суть тѣ же протуберанцы, только видимые въ проекціи на солнечный дискъ. По Гелю и Эллерману вся хромосфера и, главнымъ образомъ, обращающій слой, а по Ланглею [2]) и фотосфера съ ея гранулами, представляетъ рядъ гигантскихъ колоннъ паровъ, поднимающихся съ огромными скоростями изъ внутреннихъ частей Солнца. Эта сложная структура, можетъ быть, такъ или иначе связана съ красивѣйшимъ и таинственнымъ сіяніемъ - солнечной короной, что пытался обнаружить на своихъ снимкахъ покойный Алексѣй Павловичъ Ганскій [3]). Можно ли, однако, вполнѣ вѣрить въ реальность колоннъ паровъ и газовъ, которые по Юліусу [4]) просто миражные эффекты? Думается, смотря на чудесныя спектрогеліограммы Геля и Деландра и вспоминая страшную высоту, до которой иногда подымаются протуберанцы, что правъ Абботъ, и что на такой высотѣ, благодаря разрѣженности вздымающихся газовъ, эффектъ аномальной дисперсіи долженъ быть слишкомъ слабымъ.

Въ послѣднее время Деландръ настаиваетъ на существованіи въ высшихъ слояхъ хромосферы особыхъ образованій—„filaments" и „alignements"—„волоконъ" и „четокъ", по терминологіи, предложенной Г. Н. Неуйминымъ. Большой томъ „Анналовъ" Медонской Обсерваторіи, появившійся въ 1910 г., т. IV, ч. I, посвященъ изученію этихъ новыхъ образованій въ связи съ пятнами, факелами, флоккулами и протуберанцами. Основываясь на работахъ Бенарда [5]), изучавшаго распредѣленіе конвекціонныхъ токовъ въ жидкости, Деландръ объясняетъ спеціальную структуру верх-

---

[1]) Hale and Ellerman, „The Rumford spectroheliograph of the Yerkes Observatory, pp. 14 и 15. (Publications of the Yerkes Observatory, Vol. III, Part I).

[2]) Langley, American Journal of Science, Vol. VII (February, 1874).

[3]) A. Hansky, Mitteilungen (Пулковскія), № 19, 1907.

[4]) Julius, Proc. Roy. Acad. of Amsterdam, Meeting of Sept. 25, 1909, Nov. 27, 1909; Astrophysical Journal, Dec, 1908 etc.

[5]) H. Benard, „Les tourbillons cellulaires dans une nappe liquide", Revue générale des sciences, 1900, pp. 1261—1271 и pp. 1309 1388. См. также Annales de Chimie et de Physique 1901, 7-éme Série t. XXIII, p. 62—144.

нихъ слоевъ солнечной атмосферы „вихрями-ячейками“ (tourbillons cellulaires de l'atmosphère solaire), являющимися результатомъ мощныхъ конвекціонныхъ токовъ [1]). Съ другой стороны Гель и его сотрудники держатся прежняго взгляда, что темные флоккулы кальція и водорода (особенно длинные темные флоккулы Гель нашелъ на *Hα*—спектрогеліограммахъ)—протуберанцы въ проекціи. Только что появившаяся работа Ройдса [2]) подтверждаетъ скорѣе взглядъ на волокна, какъ на протуберанцы въ проекціи, но только послѣдующія изслѣдованія могутъ окончательно рѣшить вопросъ о природѣ волоконъ и четокъ.

Закончу свой, по необходимости краткій обзоръ, краткимъ изложеніемъ наиболѣе „современныхъ“ теорій солнечной короны. Особенно заслуживаютъ вниманія двѣ соперничающія теоріи:

1) „Катодная„, предложенная Деландромъ въ 1897 г. [3]), и 2) „Механическая“, выдвинутая Шеберле [4]) еще въ 1899 г.

Теорію Шеберле можно назвать также „эруптивной“; эта теорія достаточно извѣстна. Академикъ Ѳ. А. Бредихинъ въ замѣчательной статьѣ своей „О солнечной коронѣ“ [5]), такъ сказать, возродилъ механическую теорію короны, принявъ во вниманіе не только притягательное, но и отталкивательное дѣйствіе Солнца на корональное вещество. Ѳ. А. Бредихинъ усматриваетъ въ корональныхъ пучкахъ извѣстную аналогію (по величинѣ дѣйствующей силы) съ кометными хвостами. Но и теоріи Шеберле суждено, повидимому, возродиться: въ интересной статьѣ—„The position of certain coronal streams on the assumption, that the corona is a mechanical product“ — Джонъ А. Миллеръ [6]) видоизмѣнилъ теорію Шеберле, допустивъ, что частички корональнаго вещества

[1]) Annales de l'observatoire de Meudon, t. IV, 1910, p. 133 и слѣд.

[2]) Royds, „On the absorption markings in Hα Spectroheliograms“, Monthly Notices, Vol. LXXI, p. 723, 1911.

[3]) Deslandres, Annales du Bureau des Longitudes, t. V. 1897, p. C. 52—74.

[4]) Schaeberle, Report on the observations of the total eclipse of the Sun, December 21—22, 1889. Published by the Lick Observatory, 1891.

[5]) Ѳ. А. Бредихинъ, Извѣстія Императорской Академіи Наукъ, 1898, октябрь, т. IX, № 3, p. 179 и слѣд.

[6]) Miller, Astrophysical Journal, 33, pp. 303—329, 1911.

двигаются „by ejection, by the rotation of the sun, by the attraction of the sun and by the radiant pressure of the sun“, т. е., ввелъ тѣ же факторы, на которые указалъ и Ѳ. А. Бредихинъ. Миллеръ примѣняетъ свою теорію въ коронѣ 1905 г. и другимъ коронамъ съ 1893 по 1908 гг.; полученные теоретическіе результаты достаточно хорошо согласуются съ результатами измѣреній фотографій Ликовской Обсерваторіи. Теорія Бредихина была, какъ извѣстно, примѣнена также къ коронѣ 1905 г. Н. Н. Доничемъ. Что касается теоріи Деландра, то она, какъ и всѣ „электрическія“ теоріи, заслуживаетъ и въ настоящее время полнаго вниманія [1]). Наконецъ, вводя силы Максвеллъ-Бартоли для объясненія корональныхъ „струй“ и „потоковъ“, возможно совершенно иначе объяснить свѣченіе коронального вещества. Не такъ давно Вудъ предложилъ такую теорію [2]): свѣченіе коронального вещества есть результатъ флюоресценціи, возбуждаемой мощными потоками свѣта фотосферы, такъ что спектръ короны есть „спектръ флюоресценціи“ и можетъ, даже къ случаѣ присутствія въ коронѣ хорошо извѣстныхъ веществъ, характеризоваться новыми линіями, имѣющими совсѣмъ особое положеніе въ спектрѣ. Если такъ, то, можетъ быть, и никакого коронія на самомъ дѣлѣ нѣтъ, а знаменитая зеленая корональная линія—просто одна изъ новыхъ линій спектра флюоресценціи и принадлежитъ какому-нибудь давно извѣстному элементу.

Замѣтимъ, что Вудъ при своихъ опытахъ съ флюоресценціей паровъ натрія и другихъ элементовъ нашелъ приблизительно такой же процентъ поляризаціи, какой нашелъ Салэ [3]) для короны 1905 г

Позвольте мнѣ теперь подвести итоги этого обзора. Выводъ напрашивается самъ собою: стройной и вполнѣ удовлетворительной теоріи солнечныхъ явленій еще не существуетъ. Между прочимъ совершенно необъяснимой остается періодичность пятнообразовательной дѣятельности Солнца и обнаруженная А. П. Ганскимъ періодическая измѣняемость

[1]) Abbot, „Sun“, p. 264.

[2]) Wood, Actrophysical Journal, 28. p. 75, 1908.

[3]) Salet, Comptes Rendus, t. CXLI, 1905, pp. 528, 994.

формъ короны (въ связи съ максимумами и минимумами солнечныхъ пятенъ). Но вѣдь изученіе циркуляціи и распредѣленія газовъ и паровъ въ солнечной атмосферѣ еще только въ сущности начато. Работы Эвершеда[1]), Деландра[2]) и Ст. Джона[3]) еще не позволяютъ сдѣлать какихъ-либо рѣзкихъ и опредѣленныхъ заключеній. На очереди и другіе важные вопросы, напр., вопросъ о пополненіи расходуемой Солнцемъ теплоты и другіе, столь же важные... Ихъ разрѣшеніе—дѣло будущаго. Но мнѣ хочется закончить свой обзоръ смѣлой аналогіей, аналогіей, соединяющей воедино разрозненныя пока еще области геліофизики. Если протуберанцы—анодные лучи, если свѣченіе короны обязано своимъ происхожденіемъ катоднымъ лучамъ, испускаемымъ хромосферой, то не есть ли наше Солнце колоссальное радіоактивное тѣло? Эта мысль, эта увлекательная и смѣлая аналогія высказана недавно проф. А. А. Эйхенвальдомъ[4]) и имѣетъ уже не вполнѣ шаткія и ненадежныя основанія. Вѣдь на Солнцѣ давно открытъ гелій, а мы теперь знаемъ, что альфа-лучи радія—атомы гелія, положительно заряженные. Предположеніе, что на Солнцѣ есть радій, высказано еще въ 1903 г. Вильсономъ[5]), но тогда отчего же и не предположить, что все Солнце ведетъ себя, какъ гигантское радіоактивное тѣло! Повторяю еще разъ, что въ этой мысли много увлекательнаго...

Будущіе успѣхи геліофизики несомнѣнны. Спекрогеліографъ и „спектрорегистраторъ“ [6]) позволятъ намъ заглянуть въ солнечную атмосферу еще глубже, еще детальнѣе изучить движенія паровъ и газовъ въ ней.

Въ Америкѣ, во Франціи, въ Англіи и въ Испаніи изученіе Солнца помощью спектрогеліографовъ ведется уже ре-

---

[1]) Evershed, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 69, 454, 1909.

[2]) Deslandres, Annales de l'Observatoire de Meudon, t. IV, 75-79, 1910

[3]) St. John, Astrophysical Journal, XXXIV, pp. 57—78, 1911 (Juli); Asfrophysic. Journ. XXXIV, pp. 131—153 (September). 1911.

[4]) Проф. А. А. Эйхенвальдъ, „Электричество“, р. 610, 1011.

[5]) W. E. Wilson, Nature, vol. LXVIII, p. 222, 1903.

[6]) „Spectro-enregisteur des vitesses“ (Deslandres); „a section-spectrograph“ (St. John).

гулярно; у насъ въ Россіи ни одна обсерваторія пока не имѣетъ спектрогеліографа, и единственныя спектрогеліограммы, полученныя въ Россіи, это спектрогеліограммы Н. Н. Донича, конструировавшаго спектрогеліографъ на собственныя средства.

Позвольте же въ заключеніе выразить пожеланіе, чтобы и у насъ въ Россіи обсерваторіи обзавелись спектрогеліографами, чтобы осуществилась скорѣе мечта А. П. Ганскаго о спеціальной солнечной обсерваторіи на югѣ Россіи, и чтобы изученіе Солнца, столь блестяще начатое Ѳ. А. Бредихинымъ, развилось еще болѣе.

Проектъ организаціи Международной службы времени.

Шарля Лаллемана[1].

ЗАДАЧА ОБЪЕДИНЕНІЯ ВРЕМЕНИ.

I. Проблема уравненія часовъ.

Принявши закономъ отъ 9 марта 1911 г. систему часовыхъ полосъ[2]), Франція устранила одно изъ послѣднихъ препятствій къ однообразію часа[3]). Принципъ этой реформы можетъ считаться всеобще принятымъ. Вопросъ заключается теперь лишь въ примѣненіи новой системы часа на дѣлѣ въ научныхъ наблюденіяхъ, куда входитъ время.

Подобное предпріятіе еще 15 лѣтъ тому назадъ показалось бы химерическимъ, хотя уже и тогда располагали телефономъ и телеграфомъ. Теперь оно легко исполнимо, благодаря безпроволочному телеграфу, который даетъ возможность посылать часовые сигналы на большія разстоянія

---

¹) Представленъ отъ имени Бюро долготъ въ Международную часовую конференцію.

²) См. „Физическое Обозрѣніе", 1911, стр. 286.

³) См. „Физическое Обозрѣніе", 1912, стр. 208.

одновременно во всѣхъ направленіяхъ и съ точностью почти безграничной [1]).

Въ общемъ задача сводится къ тому, чтобы связать единичныя усилія, сдѣланныя до сихъ поръ въ этомъ направленіи нѣкоторыми націями, съ тѣми усиліями, которыя остается еще сдѣлать до того момента, когда вся поверхность земного шара будетъ покрыта электрическими волнами часовыхъ сигналовъ.

Рѣшеніе этой задачи зависитъ отъ международнаго соглашенія, которое установитъ сначала единый часъ, а затѣмъ способъ передачи радіотелеграфныхъ сигналовъ. Достигнуть возможно скорѣе этого соглашенія въ принципѣ и въ примѣненіи реформы—такова была цѣль, поставленная Бюро долготъ при созывѣ Международной конференціи.

Недостатки уже существующихъ радіотелеграфныхъ станцій часовой сигнализаціи могутъ быть устранены съ образованіемъ Международной службы времени.

Посмотримъ, каковы должны быть основы этого учрежденія.

II. Нынѣшній способъ дѣйствія радіотелеграфныхъ станцій часовой сигнализаціи. Затрудненія и средства противъ нихъ.

Каждая изъ радіотелеграфныхъ часовыхъ сигнальныхъ станцій связана съ сосѣдней астрономической обсерваторіей, которая опредѣляетъ часъ, блюдетъ его и распредѣляетъ сигналы. При такихъ условіяхъ повидимому не могло бы быть согласованія между временами, переданными изъ различныхъ центровъ. Астрономически установленная поправка къ ходу главныхъ стѣнныхъ часовъ данной обсерваторіи на дѣлѣ не свободна отъ погрѣшности, къ которой присоединяется еще въ моментъ сигнализаціи неизбѣжная погрѣшность на экстраполяцію. Эта вторичная погрѣшность быстро увеличивается въ зависимости отъ длительности вре-

---

[1]) Здѣсь имѣется въ виду часъ болѣе или менѣе точно указанный различными часовыми станціями по Гринвичскому меридіану, признанному за начало географической долготы на Геодезическомъ международномъ конгрессѣ въ 1883 г. въ Римѣ и на дипломатической конференціи въ 1884 г. въ Вашингтонѣ.

мени, къ которому она относится; вѣдь въ нашемъ климатѣ часто случается, что зимой, въ теченіе двухъ недѣль и болѣе, обсерваторія не можетъ дѣлать наблюденій, и тогда разница между показаніемъ часовъ данной обсерваторіи и какой-нибудь другой, находящейся въ столь же неблагопріятныхъ условіяхъ, можетъ достигнуть нѣсколькихъ секундъ. Такое расхожденіе могло бы смутить наблюдателей, находящихся въ общей зонѣ дѣйствія двухъ подобныхъ станцій и вселить недовѣріе къ опредѣленію времени въ обсерваторіяхъ.

Съ другой стороны, если эти погрѣшности неважны для обыкновеннаго жизненнаго обихода и даже для опредѣленія мѣстонахожденія въ морѣ, то нельзя ими пренебрегать въ томъ случаѣ, когда дѣло касается изученія хода часовъ или хронометра, что особенно важно для часовщиковъ и мореплавателей: эти погрѣшности были бы даже недопустимы, если-бы часовые сигналы должны были бы быть использованы безъ поправки, вытекающей изъ послѣдующей экстраполяціи, для полученія точной долготы мѣста, или для поправки хода часовъ обсерваторіи по отношенію къ законному времени.

Эти погрѣшности интересно довести до минимума. Лучшимъ способомъ для достиженія этого и для уничтоженія въ то же время разности между часами, сообщенными различными станціями, было бы привлечь къ конкурсу по опредѣленію оффиціальнаго часа нѣсколько обсерваторій, чтобы такимъ образомъ по возможности уменьшить время экстраполяціи, а затѣмъ можно было бы сообщить каждой изъ станцій именно этотъ часъ для передачи вмѣсто часа той обсерваторіи, съ которой она связана. Проведеніе на практикѣ этого способа улучшенія и объединенія часовъ съ технической стороны не представляетъ никакой трудности. Безпроволочный телеграфъ даетъ возможность сравнивать между собою одновременно и со всей желательной точностью какое угодно число стѣнныхъ часовъ и хронометровъ, расположенныхъ въ зонѣ дѣйствія радіотелеграфнаго поста [1]). Зная въ

[1]) Не слѣдуетъ забывать, что прекрасныя изслѣдованія въ этомъ направленіи Дріанкура и Клодо очень подготовили и облегчили разрѣшеніе этой задачи.

моментъ сравненія и сообразно съ временемъ Гринвича погрѣшности нѣкотораго количества подобныхъ хранителей времени и повѣряя ихъ одинъ по другому, можно достигнуть наиболѣе вѣроятной поправки. Возможность рѣшить такимъ образомъ на дѣлѣ задачу объединенія времени не подлежитъ сомнѣнію. Остается лишь изучить способы примѣненія ее на дѣлѣ.

III. Общій планъ организаціи Международной службы часа.

Теперь возникаетъ вопросъ, должно ли опредѣленіе объединеннаго времени выполняться какимъ-нибудь уже существующимъ учрежденіемъ, или же нужно создать на этотъ предметъ спеціальное учрежденіе? Прежде всего повидимому не слѣдуетъ поручать эту миссію одной только странѣ, какъ бы хорошо ни были расположены въ климатическомъ отношеніи ея обсерваторіи. Важно напротивъ привлечь къ сотрудничеству возможно большее число націй, дабы лишить объединенное время всего того, что могло бы придать ему характеръ національнаго времени. Выборъ обсерваторій-сотрудницъ долженъ производиться въ каждой странѣ, сообразно съ гарантіями, которыя представляютъ эти обсерваторіи либо своимъ персоналомъ, инструментами для наблюденій, быстротою вычисленій, умѣніемъ хранить точность, либо благопріятнымъ климатомъ для частыхъ наблюденій. Затѣмъ возникаетъ вопросъ, возможно ли довѣрить опредѣленіе объединеннаго времени одной изъ обсерваторій различныхъ странъ при условіи общаго сотрудничества, необходимаго для успѣшности предпріятія?

И въ одной и той же странѣ затруднительно достигнуть согласованной дѣятельности различныхъ обсерваторій съ главною. Ежедневное сотрудничество иностранныхъ обсерваторій съ одной изъ нихъ, какъ бы ни была она извѣстна, представляло бы еще большее затрудненіе. Предположивши даже, что, въ виду выдающагося интереса преслѣдуемой цѣли, сначала это сотрудничество было бы принято искренне, оно вызвало бы неизбѣжныя столкновенія самолюбій и стремленія со стороны избраннаго учрежденія отдавать предпочте-

ніе своему времени. А со стороны другихъ не менѣе естественное желаніе освободиться отъ своего рода опеки.

Поэтому является неизбѣжнымъ созданіе, какъ это было сдѣлано для измѣренія Земли, для Мѣръ и Вѣсовъ, спеціальнаго учрежденія.

Международное бюро времени, которое объединяло бы первоначальныя данныя, доставляемыя сотрудничающими обсерваторіями, выводило бы изъ нихъ самое точное время и сообщало бы его радіотелеграфнымъ станціямъ для дальнѣйшей передачи.

Предположимъ, что необходимость этого учрежденія признана; чтобы выяснить его мѣстонахожденіе, составъ и средства, посмотримъ, какъ будетъ дѣйствовать служба объединеннаго времени.

IV. Способъ дѣйствія Международной службы времени.

При помощи наблюденія звѣздъ, когда состояніе неба это позволяетъ, каждая изъ привлеченныхъ къ службѣ обсерваторій свѣряетъ свои главные стѣнные часы съ среднимъ временемъ Гринвича. Поправки, полученныя такимъ образомъ, и сравненіе другихъ хронометровъ съ главными часами устанавливаютъ наиболѣе вѣроятный ходъ ихъ между двумя серіями наблюденій.

Затѣмъ при помощи взаимнаго сличенія хронометровъ обсерваторія экстраполируетъ ходъ ихъ такимъ образомъ, чтобы получить наиболѣе вѣроятную поправку въ моментъ одновременнаго сличенія главныхъ часовъ всѣхъ сотрудничающихъ обсерваторій. Предполагается, что Международное бюро имѣетъ извѣстное количество точныхъ часовъ различныхъ системъ, съ одними изъ которыхъ, выбранными, какъ главные, нужно свѣрять часы всѣхъ сотрудничающихъ обсерваторій. Для одновременнаго выполненія этихъ операцій маятники всѣхъ главныхъ часовъ, не исключая и часовъ Центральнаго бюро, должны быть свѣрены по одной и той же серіи ритмическихъ сигналовъ отъ 1 до $^1/_{50}$ секунды, образующихъ родъ акустическаго ноніуса и испускаемыхъ сильной радіотелеграфной станціей. Послѣдняя называется Центральной станціей передачи и выбирается она такъ, чтобы

ея сигналы были регулярно слышны во всѣхъ присоединенныхъ обсерваторіяхъ и въ центральномъ бюро при помощи особыхъ пріемниковъ.

Каждая изъ соединенныхъ обсерваторій отмѣчаетъ время, показываемое ея главными часами въ моментъ перваго и послѣдняго сигнала, вноситъ необходимую поправку, чтобы получить по Гринвичу времена этихъ двухъ сигналовъ.

Эти времена затѣмъ передаются въ Центральное бюро съ упоминаніемъ „наблюдено" и указаніемъ числа дней, протекшихъ со времени наблюденія всякій разъ, когда сдѣланная поправка является результатомъ новыхъ астрономическихъ опредѣленій. Время послѣдняго сигнала сообщается только для контроля.

Центральное бюро выписываетъ всѣ эти одновременныя сравненія и выводитъ отсюда соотвѣтственное число значеній для своихъ главныхъ часовъ.

Придавъ затѣмъ такой поправкѣ вѣсъ въ зависимости отъ числа использованныхъ для этого часовъ, времени послѣдняго астрономическаго наблюденія и т. д.,—оно выводитъ болѣе вѣроятную поправку и по разницѣ ея съ поправкой, сдѣланной наканунѣ, опредѣляетъ ходъ часовъ въ промежутки двухъ послѣднихъ серій ритмическихъ сигналовъ. Такимъ образомъ Центральное бюро въ состояніи вычислить время, отмѣченное его главными часами въ какой угодно моментъ по времени Гринвича.

Теперь остается передать сотрудничающимъ обсерваторіямъ это объединенное время и обнародовать его при помощи сигналовъ, посылаемыхъ въ опредѣленные часы различными радіотелеграфными станціями.

Невозможно устроить дѣло такъ, чтобы сигнальные часы, находящіеся на каждой такой станціи, дѣйствовали непосредственно изъ Центральнаго бюро, такъ какъ это потребовало бы или спеціальныхъ телеграфныхъ линій, связывающихъ всѣ станціи съ Центральнымъ бюро—рѣшеніе вопроса слишкомъ дорогое, или чтобы въ моментъ сигнализаціи особое автоматическое приспособленіе соединило бы всѣ станціи съ Центральнымъ бюро по крайней мѣрѣ на 15 минутъ—рѣшенія вопроса мало практичное.

Пріемъ самый простой, наиболѣе вѣрный и наиболѣе экономный состоитъ въ томъ, чтобы Центральная станція передачи, пользуясь своими ритмическими сигналами, передавала точное время Центральнаго бюро не самимъ станціямъ, а соединеннымъ съ ними обсерваторіямъ.

Съ этою цѣлью, сейчасъ послѣ полученія вышеупомянутыхъ ритмическихъ сигналовъ, Центральное быро вычисляетъ по времени Гринвича время перваго и послѣдняго сигнала и сообщаетъ его Центральной станціи, которая немедленно радіотелеграфируетъ его.

Обсерваторіи, соединенныя со станціей передачи, выводятъ разницу между этимъ временемъ и уже вычисленнымъ и получаютъ такимъ образомъ два значенія небольшой поправки и приводятъ въ соотвѣтствіе это время съ часами Центральнаго бюро. Прибавка средняго значенія къ поправкѣ главныхъ часовъ даетъ время Центральнаго бюро въ какой угодно моментъ, именно въ моментъ посылки часовыхъ сигналовъ съ ихъ станціи отправленія.

Примѣненіе этого способа предполагаетъ:

1) Что Центральное бюро соединено непосредственно съ Центральной станціей отправленія, и что его сигналы не проходятъ черезъ промежуточное телеграфное или телефонное учрежденіе.

2) Что ритмическіе сигналы Центральной станціи передаются раньше часовыхъ сигналовъ станцій отправленій.

Въ результатѣ всеобщая предполагаемая организація потребовала-бы:

1) Учрежденія Международной постоянной комиссіи, называемой Международной комиссіей часа, нѣсколькихъ астрономическихъ обсерваторій, призванныхъ сотрудничать для наилучшаго обезпеченія знанія времени, выраженнаго по Гринвичу.

2) Учрежденія Международнаго бюро, которое должно централизовать всѣ опредѣленія времени, сдѣланныя соединенными обсерваторіями, и выводить изъ нихъ наиболѣе точное время.

3) Учрежденія нѣсколькихъ радіотелеграфныхъ станцій, передающихъ часовые сигналы и соединенныхъ съ астрономическими обсерваторіями.

4) Выбора Центральной станцiи отправленiя, соединенной съ Центральнымъ бюро. Мѣстонахожденiе Международнаго бюро могло бы быть выбрано по слѣдующимъ соображенiямъ:

a) Это бюро должно находиться по близости сильной радiотелеграфной станцiи, приспособленной для передачи часовыхъ сигналовъ всякаго рода и непосредственно соединенной съ бюро на случай порчи двумя телефонными линiями.

b) Телеграфныя сношенiя Центральнаго бюро по проволкѣ съ соединенными обсерваторiями должны быть возможно быстрыя, поэтому бюро должно находиться вблизи центра телеграфной сѣти, обслуживающей соединенныя обсерваторiи, находящiяся въ наиболѣе благопрiятныхъ климатическихъ условiяхъ.

Что же касается географическаго положенiя радiотелеграфной станцiи, то оно должно быть таково, чтобы разсылаемые ею сигналы могли быть воспринимаемы во всей Европѣ, въ Средиземномъ морѣ, въ сѣверной Африкѣ и въ сѣверной части Атлантическаго океана; слѣдовало бы также, чтобы въ ближайшемъ будущемъ эти сигналы могли бы регулярно достигать наиболѣе восточныхъ станцiй обѣихъ Америкъ, какъ-то Вашингтона (С.-А.-Соединенные Штаты) и Санъ-Фернандо (Бразилiя). Центральное бюро должно находиться подъ особымъ наблюденiемъ Международной комиссiи часа.

Рядомъ со своимъ главнымъ дѣломъ, т. е. передачей объединеннаго времени,—бюро могло бы заняться и другимъ чрезвычайно полезнымъ дѣломъ – изученiемъ времени и всѣхъ причинъ, влiяющихъ на точность его знанiя.

Для этого оно периодически получало бы отъ соединенныхъ и другихъ обсерваторiй сообщенiя о ходѣ часовъ и всѣ свѣдѣнiя, способныя объяснить ихъ аномалiи.

Пользуясь результатами такого изученiя и ежедневными повѣрками, можно было бы исправить разницу долготъ, принятыхъ различными обсерваторiями, улучшать значенiе найденныхъ поправокъ главныхъ часовъ и получать такимъ образомъ для каждой наблюдаемой звѣзды болѣе точное опредѣленiе ея прямого восхожденiя.

Въ ожиданiи, что обстоятельства позволятъ выполнить эту программу, Постоянная Комиссiя, назначенная Конгрессомъ, могла бы въ видѣ опыта организовать кооперацiю, о которой идетъ рѣчь, и изыскать всевозможныя улучшенiя

проекта, прежде чѣмъ подвергнуть его оффиціальному одобренію правительства.

Этотъ проектъ былъ принятъ въ его главныхъ чертахъ Конференціей и по предложенію предсѣдателя нѣмецкой делегаціи, проф. Фёрстера, какъ будущій центръ Международнаго времени, былъ избранъ Парижъ съ башней Эйфеля, какъ Центральной станціей сигналовъ.

Мнемоническія правила въ ученіи объ электричествѣ.

А. Вольфенсона[1]).

А. Во время созиданія науки объ электричествѣ строителями ея были даны первыя мнемоническія правила, и нѣкоторое время правила пловцовъ Ампера и Фарадея были единственными. Но „le mieux est l'ennemi du bien", и съ теченіемъ времени къ первымъ правиламъ прибавились правила кисти руки, кулака, стрѣлки часовъ, буравчика, правила трехъ пальцевъ для правой и для лѣвой руки съ варіяціями. Въ послѣднее время всѣ эти правила изъ курсовъ электричества и трактатовъ по электротехникѣ, гдѣ они несомнѣнно имѣютъ право на существованіе, проникли сначала въ нѣмецкую, а затѣмъ и въ нашу учебную литературу. Надо полагать, что такое разнообразіе не будетъ способствовать единству изложенія однородныхъ по существу явленій, и что въ лучшемъ случаѣ правила, съ трудомъ запоминаемыя, останутся въ учебникахъ излишнимъ балластомъ.

Настоящій докладъ имѣетъ цѣлью показать, что для всѣхъ случаевъ взаимодѣйствія между магнитами и токами достаточно одного простого правила, причемъ то-же правило, соотвѣтственно измѣненное, можетъ служить и для опредѣленія направленія индукціонныхъ токовъ, и что эти правила могутъ выводить сами ученики, исходя изъ основныхъ принциповъ механики.

Правило, которое мы имѣемъ въ виду, есть извѣстное правило правой руки Фарадея: „если расположить кисть правой руки такъ, чтобы пальцы показывали данное напра-

---

[1]) Сообщеніе, сдѣланное въ іюнѣ 1912 г., на краткосрочныхъ учительскихъ курсахъ въ Варшавѣ.

вленіе тока, ладонь была обращена къ объекту задачи (и одновременно по направленію силовыхъ линій поля[1]), то искомое (движеніе) послѣдуетъ въ сторону отдѣленнаго большого пальца.

Всевозможные случаи взаимодѣйствія между магнитами и токами приводятся къ дѣйствію:

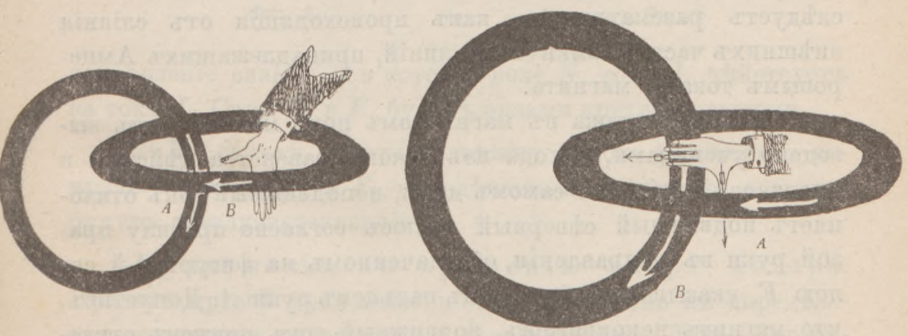
1) магнита на магнитъ;
2) тока на магнитъ;
3) магнита на токъ;
4) тока на токъ.

Положеніе магнитной стрѣлки въ каждой точкѣ поля вполнѣ опредѣляется данными: расположеніемъ полюсовъ и распредѣленіемъ силовыхъ линій въ пространствѣ, поэтому мнемоническое правило для 1-го случая излишне.



Фиг. 1.

Въ полѣ тока так же, какъ въ полѣ магнита, магнитная стрѣлка устанавливается по касательной къ силовой линіи, проходящей черезъ данную точку поля, но вопросъ о направленіи поля оставался бы въ каждомъ частномъ случаѣ открытымъ, безъ соотвѣтствующаго мнемоническаго правила. Изъ фиг. 1, 2a и 2b видно, какимъ образомъ съ помощью избраннаго правила мы находимъ въ каждомъ частномъ



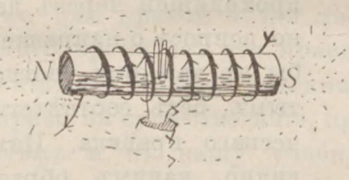
Фиг. 2a.
A—направленіе тока.
B—направленіе силовой линіи.

Фиг. 2b.
A—направленіе силовой линіи.
B—направленіе тока.

[1]) Если выполнено второе условіе, первое можетъ быть нарушено. Помѣстимъ ли мы руку въ положеніи B на фиг. 4-й, справа или слѣва отъ тока CD, направленіе большаго пальца не измѣняется.

случаѣ по направленію тока направленіе силовыхъ линій и обратно. Такъ какъ направленіе тока является въ данномъ случаѣ искомымъ, достаточно расположить кисть правой руки въ плоскости, перпендикулярной къ плоскости, проходящей черезъ токъ и сѣверный полюсъ, обративъ ее ладонью къ объекту задачи—сѣверному полюсу.

Въ основаніе изученія полей токовъ можно положить опытный фактъ тождественности полей прямолинейнаго магнита и соленоида; исходя отсюда, мы съ одной стороны можемъ предуказать форму и направленіе силовыхъ линій кругового и прямого токовъ; съ другой стороны находимъ въ этомъ сходствѣ подтвержденіе сложнаго, согласно Амперу, происхожденія поля магнита: направленіе силовыхъ линій составныхъ полей магнита, разсматриваемаго какъ соленоидъ, опредѣляется, независимо отъ положенія полюсовъ въ пространствѣ, по правилу правой руки, обладающему такимъ образомъ общностью. На фигурѣ 3-й силовыя линіи



Фиг. 3.

слѣдуетъ разсматривать, какъ происходящія отъ слiянія внѣшнихъ частей замкнутыхъ линій, принадлежащихъ Амперовымъ токамъ магнита.

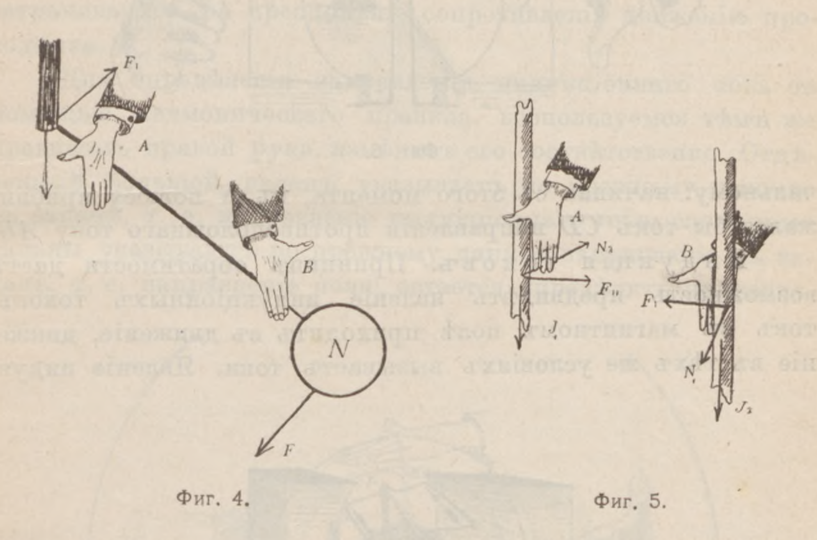
Отклоненіе тока въ магнитномъ полѣ можетъ быть выведено учениками, исходя изъ закона равенства дѣйствія и противодѣйствія. Въ самомъ дѣлѣ, неподвижный токъ отклоняетъ подвижный сѣверный полюсъ согласно правилу правой руки въ направленіи, обозначенномъ на фигурѣ 4-й силою F, указываемой большимъ пальцемъ руки A. Допустивъ, что магнитъ неподвиженъ, подвижный токъ долженъ отклониться въ направленіи, указанномъ на фигурѣ силою F_1, указываемой большимъ пальцемъ руки B, равною и противоположною F. Такъ какъ направленіе движенія и ладони

измѣнились одновременно на 180^0, мнемоническое правило остается въ силѣ, но съ добавленіемъ, что ладонь направлена въ сторону силовыхъ линій поля.

Въ заключеніе опредѣлимъ направленія силъ, съ которыми дѣйствуютъ другъ на друга два прямыхъ параллельныхъ тока.

1) Токи J_1 и J_2 одного направленія.

Въ положеніи руки A (фиг. 5) большой палецъ даетъ направленіе N_1 поля, образуемаго токомъ J_1; въ точкахъ на прямой J_2, въ положеніи руки B, большой палецъ даетъ



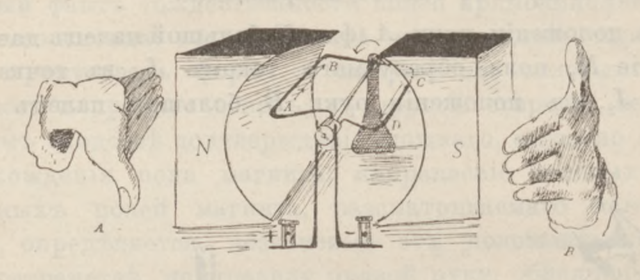
Фиг. 4. Фиг. 5.

направленіе силы F_1, съ которой поле N_1 тока J_1 дѣйствуетъ на токъ J_2. Силы F_1 и F_2 будутъ силами притягательными.

2) Въ случаѣ непараллельныхъ токовъ различнаго направленія силы F_1 и F_2, опредѣляемыя по тому же правилу, будутъ отталкивательными.

Приложеніе къ вращенію якоря мотора. Правило правой руки можетъ быть приложено къ опредѣленію отклоненія соленоида въ гальванометрѣ Депре-Дарсонваля; пользуясь тѣмъ-же правиломъ, можемъ опредѣлить направленіе вращенія барабаннаго якоря мотора, такъ какъ на соленоидъ въ первомъ и на якорь во второмъ случаѣ

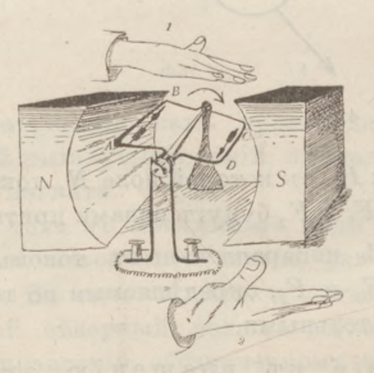
дѣйствуютъ одинаковыя силы (фиг. 6); непрерывное же вращеніе взамѣнъ отклоненія достигается установкою якоря на оси и подводомъ тока съ помощью щетокъ. Назначеніе коллектора состоитъ въ перемѣнѣ направленія тока въ якорѣ, при отклоненіи его на 90° отъ положенія равновѣсія; иначе, какъ это слѣдуетъ изъ того же правила правой руки, якорь, пройдя $^1/_4$ окружности, получилъ бы движеніе, противоположное на-



Фиг. 6.

чальному: начиная съ этого момента, къ N полюсу приближался бы токъ CD направленія противоположнаго току AB.

Индукція токовъ. Принципъ обратимости даетъ возможность предвидѣть явленіе индукціонныхъ токовъ: токъ въ магнитномъ полѣ приходитъ въ движеніе, движеніе въ тѣхъ же условіяхъ вызываетъ токи. Явленіе индук-



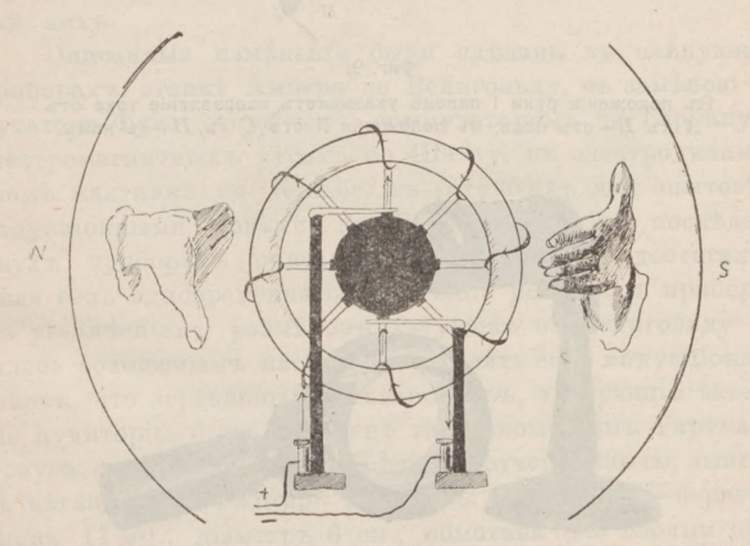
Фиг. 7.

Въ положеніи руки 1 большой палецъ указываетъ индукціонный токъ отъ A къ B; въ положеніи руки 2—отъ C къ D.

ціонныхъ токовъ находитъ объясненіе въ законѣ сохраненія энергіи. Въ самомъ дѣлѣ, при движеніи проволоки AB вверхъ (фиг. 7) мы наблюдаемъ электрическій токъ. На счетъ

какой энергіи получаемъ мы энергію тока? Опредѣливъ направленіе индукціоннаго тока, получимъ одновременно рѣшеніе вопроса. Допустимъ, что направленіе наведеннаго тока отъ *B* къ *A*. Въ этомъ случаѣ, вслѣдствіе взаимодѣйствія между полемъ и токомъ, онъ двигался бы согласно правилу правой руки также вверхъ, поддерживая первоначальный толчокъ; получилось бы perpetuum molibe. Остается предположеніе, что токъ идетъ отъ *A* къ *B*. Въ этомъ случаѣ проводникъ съ токомъ стремится къ движенію внизъ, т. е. въ сторону противоположную сообщаемому ему движенію, и мы находимъ энергію эквивалентвую энергіи тока въ работѣ, затрачиваемой на преодолѣніе сопротивленія движенію проводника.

Для опредѣленія направленія индукціоннаго тока съ помощью мнемоническаго правила, воспользуемся тѣмъ же правиломъ правой руки, измѣнивъ его соотвѣтственно. Отдѣленный большой палецъ указываетъ по прежнему искомое въ задачѣ, т. е. направленіе индукціоннаго тока; сложенные пальцы указываютъ по прежнему данное направленіе въ задачѣ, т. е. направленіе поля; остается опредѣлить направле-

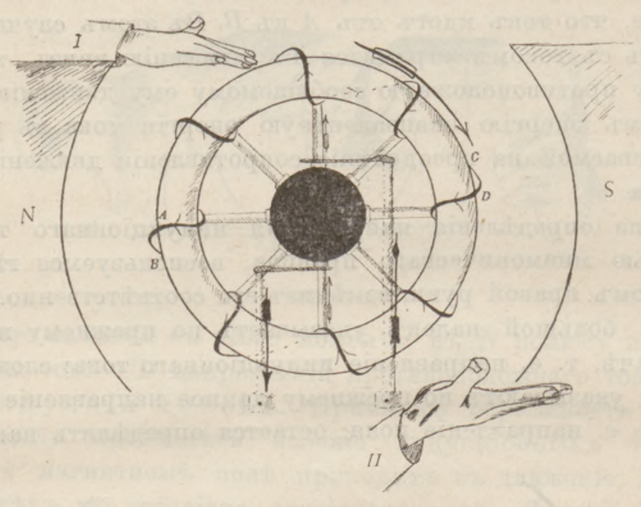


Фиг. 8.

ніе ладони: ладонь по прежнему обращена къ объекту задачи, каковымъ является движеніе. Итакъ, расположимъ

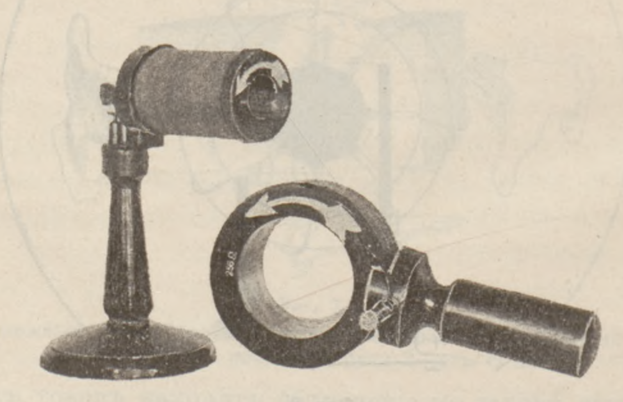
кисть правой руки такимъ образомъ, чтобы пальцы показывали направленіе поля, ладонь была обращена „на встрѣчу" движенія, въ такомъ случаѣ большой палецъ укажетъ направленіе индукціоннаго тока.

Тѣ же правила позволятъ намъ разобраться въ кольцѣ Грамма, какъ видно изъ фиг. 8-й (моторъ) и фиг. 9-й (динамо).



Фиг. 9.

Въ положеніи руки I палецъ указываетъ направленіе тока отъ *A* къ *B*—отъ насъ; въ положеніи II отъ *C* къ *D*—къ намъ.



Фиг. 10.

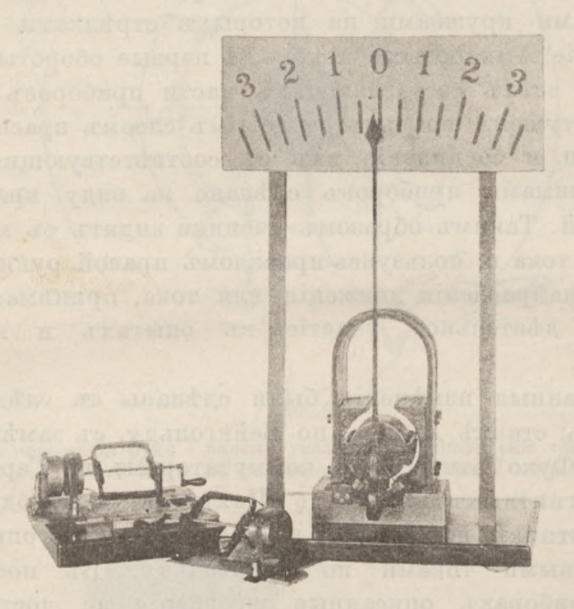
Фиг. 10-я объясняетъ, почему достаточно разсмотрѣніе взаимодѣйствія между полемъ и отрѣзками оборотовъ проволоки,

составляющими наружную часть (ближайшую къ магнитамъ) кольца Грамма.

В. Приборы, служащіе для опытовъ по взаимодѣйствію между магнитами и токами, исполненные для Образцоваго кабинета Варшавскаго кружка преподавателей физики фирмою „Вольтманъ и Колдонекъ“ въ Варшавѣ, получили нѣкоторыя измѣненія: устранены всѣ скрытые, вдѣланные въ части прибора, провода тока; *N* полюсы магнитовъ, возбуждающихъ поле, выкрашены въ красный цвѣтъ; полюсы линейныхъ магнитовъ снабжены *N* красными и *S* зелеными деревянными кружками, на которыхъ стрѣлками показано направленіе Амперовыхъ токовъ, а первые обороты зеленой проволоки всѣхъ составляющихъ части приборовъ соленоидовъ и катушекъ покрыты толстымъ слоемъ красной лаковой краски, и соединеніе ихъ съ соотвѣтствующими красными зажимами приборовъ сдѣлано на виду красною же проволокой. Такимъ образомъ ученики видятъ съ мѣста направленіе тока и, пользуясь правиломъ правой руки, могутъ судить о направленіи движенія или тока, принимая такимъ образомъ дѣятельное участіе въ опытахъ и выводахъ изъ нихъ.

Описанныя измѣненія были сдѣланы въ слѣдующихъ приборахъ: станкѣ Ампера по Вейнгольду, съ замѣною коммутатора Фуко открытымъ коммутаторомъ по Герману; въ электромагнитныхъ вѣсахъ по Шахту, въ электродинамическомъ маятникѣ по Кольбе, въ катушкахъ для опытовъ съ индукціонными токами по Вейнгольду. Въ послѣднихъ двухъ приборахъ описанныя измѣненія не достигали-бы цѣли безъ одновременнаго увеличенія размѣровъ приборовъ. Съ увеличеніемъ размѣровъ катушекъ по Вейнгольду оказалось возможнымъ настолько повысить силу индукціонныхъ токовъ, что зеркальный гальванометръ, требующій затемненія аудиторіи, былъ замѣненъ гальванометромъ Гартмана и Брауна съ вертикальною стрѣлкою, отчего опыты выиграли въ наглядности. Размѣры катушекъ: внутренней—первичной длина 11 см., діаметръ 6 см., обмотана 8-ю слоями проволоки толщиной въ 1,5 мм. и наружной, вторичной: ширина 5 см., діаметръ 13 см., обмотана проволокой 0,25 мм. толщиной съ сопротивленіемъ около 256 Ω.

Къ тому же типу приборовъ относится большая дѣйствующая разборная модель школьнаго гальванометра Депре-Дарсонваля (фиг. 11). Чтобы использовать находящійся при этомъ приборѣ большой подковообразный магнитъ, къ нему были построены еще добавочныя части, дающія вмѣстѣ съ магнитомъ 1) упрощенную дѣйствующую модель мотора-динамо съ барабаннымъ якоремъ постояннаго тока, 2) динамо постояннаго тока съ кольцами вмѣсто коллектора. Легкая рамочка съ намотанными на нее 20 оборотами проволоки, діаметромъ 1 мм., приходитъ въ быстрое вращеніе отъ 4-хъ



Фиг. 11.

вольтъ; соединяя же зажимы съ гальванометромъ, можемъ демонстрировать динамо постояннаго и перемѣннаго тока; какъ направленіе вращенія, такъ и направленіе токовъ могутъ быть предуказаны учениками, какъ это выше было объяснено.

Для избѣжанія недоразумѣній считаемъ необходимымъ добавить, что цѣлью доклада ни въ коемъ случаѣ не было отрицаніе всѣхъ правилъ, кромѣ правила правой руки. Желательно лишь, чтобы преподаватель, вводя признаваемое имъ за совершенно необходимое правило, указывалъ бы, что оно вытекаетъ изъ правила правой руки, или же ему эквивалентно.

Варшава.

Аппаратъ для демонстрированія закона Фарадея.

Фр. Руштратъ.

Законъ Фарадея гласитъ, что при прохожденіи электрическаго тока черезъ различные электролиты онъ отлагаетъ въ равные промежутки времени химически эквивалентныя количества.

Для доказательства этого обыкновенно служитъ электролизъ разведенной сѣрной или соляной кислоты; въ первомъ случаѣ при электролизѣ образуются 2 объема водорода и одинъ объемъ кислорода, въ послѣднемъ случаѣ одинъ объемъ водорода и одинъ объемъ хлора. Для того, чтобы каждый изъ этихъ газовъ получить отдѣльно и имѣть возможность подвергнуть ихъ изслѣдованію, пользуются обыкновенно демонстраціоннымъ аппаратомъ А. В. Гофмана. Въ послѣднемъ трубка U-образной формы сообщается сзади съ подъемной трубочкой, которая ведетъ къ расположенному вверху резервуару. Обѣ стороны U-образной трубки закрываются вверху газовыми краниками, между тѣмъ какъ въ ея нижней части вложены платиновыя проволоки, идущія къ электродамъ. Если пропускать въ теченіе нѣкотораго времени токъ въ 0,5 ампера черезъ наполненный разведенной сѣрной кислотой вольтаметръ, то легко замѣтить, что образовавшіеся въ обѣихъ частяхъ U-образной трубки газы относятся между собою, какъ 2 : 1, причемъ двѣ объемныя частицы водорода отложились на катодѣ, а одна часть кислорода на анодѣ. При электролизѣ соляной кислоты получаютъ при соблюденіи нѣкоторыхъ предосторожностей водородъ и хлоръ въ одинаковыхъ пропорціяхъ, соотвѣтственно формулѣ HCl.

Извѣстные аппараты Гофмана демонстрируютъ законъ Фарадея лишь при томъ условіи, что при электролизѣ обра-

зуются газообразные продукты. Описанный ниже аппаратъ показываетъ законъ Фарадея и въ томъ случаѣ, когда выдѣляющіеся продукты разложенія имѣютъ твердую форму.

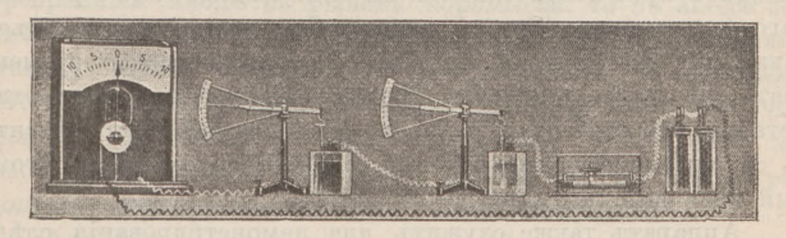
При электролизѣ соляныхъ растворовъ солей тяжелыхъ металловъ, на катодѣ отлагаются соотвѣтствующіе металлы, такъ, напримѣръ, при электролизѣ раствора сѣрнокислой мѣди — мѣдь, при электролизѣ азотнокислаго серебра—серебро и т. д. Если пропустить одинъ и тотъ же электрическій токъ сперва черезъ вольтаметръ, анодъ котораго состоитъ изъ мѣди, катодъ - изъ платины и электролитъ—изъ раствора сѣрнокислой мѣди [1]), а затѣмъ черезъ подобный-же вольтаметръ, но состоящій соотвѣтственно изъ серебра, платины и раствора азотнокислаго серебра [2]), то металлы мѣдь и серебро отлагаются на платиновыхъ электродахъ въ эквивалентныхъ количествахъ. Отношеніе атомнаго вѣса серебра къ атомному вѣсу мѣди выражается отношеніемъ чиселъ 107,93 : 63,6. Такъ какъ серебро одноатомно, а мѣдь въ растворѣ мѣднаго купороса двухъатомна, то отложившіяся количества металловъ должны относиться какъ $107{,}93 : \frac{63{,}6}{2}$, или какъ 107,93 : 31,8. Слѣдовательно, въ растворѣ азотнокислаго серебра, серебро должно отлагаться больше, чѣмъ въ тройномъ количествѣ по сравненію съ мѣдью въ растворѣ сѣрнокислой мѣди. Это можетъ быть показано на опытѣ при помощи новаго аппарата для демонстрированія закона Фарадея (фиг. 1). Аппаратъ состоитъ изъ двухъ или нѣсколькихъ вѣсовъ съ двумя рычагами на подобіе вѣсовъ Мора для опредѣленія удѣльнаго вѣса жидкостей.

Одинъ рычагъ коромысла вѣсовъ имѣетъ десять опорныхъ призмъ, на которыхъ могутъ быть подвѣшаны гири; этотъ рычагъ заканчивается въ видѣ стрѣлки, которая перемѣщается по видному изъ далека циферблату. Къ концу второго рычага придѣлана подвѣска, къ которой прикрѣпляютъ металлическій катодъ вольтаметра. Лучше всего примѣнять для данной цѣли катоды изъ платиновыхъ пласти-

[1]) Oettel рекомендуетъ растворъ изъ 180 гр. мѣднаго купороса, 50 гр. сѣрной кислоты, 50 гр. алкоголя и 1000 гр. воды.

[2]) 15—30% растворъ нейтральнаго азотнокислаго серебра.

нокъ (длиною въ 2 см., шириною въ 1 см. и толщиною въ 0,05 мм.) съ приплавленной платиновой проволочкой; хотя для этого достаточны также серебрянныя или мѣдныя пластинки указанныхъ выше размѣровъ. Какъ видно изъ фигуры 1-й, катоды погружены въ маленькіе стеклянные сосуды, которые содержатъ соотвѣтственные электролиты. Въ видѣ анода примѣняютъ пластинку изъ того металла, который отлагается на катодѣ.



Фиг. 1.

Въ началѣ опыта равновѣсіе устанавливается такимъ образомъ, что приложенные къ аппарату маленькіе проволочные разновѣсы подвѣшиваются къ лѣвой сторонѣ коромысла вѣсовъ до тѣхъ поръ, пока стрѣлка не установится приблизительно въ нулевомъ положеніи шкалы. Поворачиваніемъ же подвижнаго груза, находящагося на правомъ концѣ рычага коромысла, можно достигнуть точной установки на нуль. Токъ посылается черезъ коромысло къ катоду съ помощью помѣщеннаго на ножкѣ прибора зажима, а отсюда онъ идетъ черезъ электролитъ къ аноду, который также снабженъ зажимомъ, и далѣе черезъ регулируемое сопротивленіе и демонстраціонный гальванометръ къ батареѣ. Электролизъ производится токомъ отъ 0,1 до 0,2 ампера.

Не рекомендуется работать съ слишкомъ большой силой тока, ибо только въ опредѣленныхъ предѣлахъ плотности тока соотвѣтствующіе іоны металла (мѣдь, серебро и т. п.) разряжаются. Если плотность тока повышается, то растворъ бѣднѣетъ металлическими іонами, а потому имѣющіеся вблизи катода іоны металла недостаточны для отдачи тока и съ отложеніемъ металла образуется одновременно водородъ.

Рекомендуется производить электролизъ не болѣе десяти минутъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ вслѣдствіе измѣ-

ненiй въ концентрацiи жидкости затрудняется работа у катода. Послѣ 5—10 минутъ ясно видно, что отложившiяся на катодѣ количества металловъ пропорцiональны ихъ атомнымъ вѣсамъ. Если производить, допустимъ, электролизъ растворовъ мѣднаго купороса и азотнокислаго серебра, то серебра отложится въ три раза больше, чѣмъ мѣди; количества отложившихся металловъ можно опредѣлить быстро навѣскою соотвѣтственныхъ гирь. Можно, слѣдовательно, аппаратъ примѣнять также и въ видѣ мѣднаго или серебрянаго вольтаметра. Этимъ аппаратомъ можно пользоваться также для опредѣленiя атомнаго вѣса химическихъ элементовъ, для этого достаточно сравнить отложенное количество металла, атомный вѣсъ котораго долженъ быть опредѣленъ, съ отложившимся одновременно количествомъ металла, атомный вѣсъ котораго заранѣе извѣстенъ.

Аппаратъ также служитъ для демонстрированiя слѣдствiя изъ закона Фарадея, которое относится къ элементамъ съ нѣсколькими атомностями. Такъ какъ токъ отлагаетъ изъ различныхъ электролитовъ эквивалентныя количества, то, напримѣръ, изъ раствора однохлористой мѣди, гдѣ мѣдь одноатомна, должно выдѣляться въ два раза больше мѣди, чѣмъ изъ раствора мѣднаго купороса или двухлористой мѣди, гдѣ мѣдь двухатомна. Если соединить два описанныхъ раньше вольтаметра послѣдовательно и одинъ сосудъ наполнить растворомъ однохлористой мѣди, а другой растворомъ двухлористнаго или мѣднаго купороса и затѣмъ подвергнуть ихъ электролизу втеченiе нѣкотораго времени, то замѣчаютъ, что изъ раствора однохлористой мѣди выдѣлилось въ два раза больше мѣди, нежели изъ раствора двухлористой. Соотвѣтствующiй растворъ однохлористой мѣди приготовляется слѣдующимъ образомъ: къ 50 куб. см. раствора двухлористой мѣди, содержащаго 0,1 гр. мѣди на куб. см., прибавляютъ при нагрѣванiи мѣдныхъ опилокъ и подкисляютъ его нѣсколькими каплями соляной кислоты. Послѣ нагрѣванiя жидкость вливаютъ въ растворъ поваренной соли, содержащей 15 гр. $NaCl$ на литръ. Въ этихъ опытахъ электролизъ долженъ совершаться возможно быстрѣе, ибо со временемъ хлористая мѣдь подъ воздѣйствiемъ кислорода воздуха переходитъ въ хлорную (двухлористую) мѣдь, что узнается

по зеленому цвѣту раствора. Вѣса отложившихся продуктовъ не вполнѣ пропорціональны отношенію 1 : 2; вѣсъ мѣди, отложившейся изъ раствора хлористой мѣди, будетъ немного меньше, чѣмъ это требуется теоретически.

Такъ какъ нулевое положеніе вѣсовъ соотвѣтствуетъ срединѣ шкалы, то можетъ быть опредѣлено какъ увеличеніе, такъ и уменьшеніе вѣса. Если помѣстить вмѣсто платиноваго, мѣднаго, серебрянаго и т. д. катода—мѣдный или серебрянный анодъ на рычагѣ коромысла, то на анодѣ соотвѣтствующіе металлы разложатся, и съ помощью даннаго аппарата можно показать, что уменьшенія ихъ вѣсовъ соотвѣтствуютъ ихъ атомнымъ вѣсамъ. Но въ виду того, что процессъ разложенія не происходитъ такъ гладко, какъ таковой при выдѣленіи металла на катодѣ, то для демонстраціонныхъ цѣлей слѣдуетъ предпочесть послѣдній.

Аппаратъ можно получить отъ фирмы Gebr. Ruhstrat in Göttingen; цѣна вольтаметра съ вѣсами и платиновымъ электродомъ около 40 марокъ за штуку.

Гёттингенъ.

Модель аэромобиля.

Г. Д. Ясинскаго.

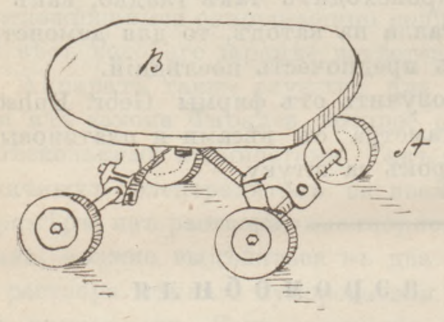
Установка. Обыкновенный электрическій вентиляторъ, фигурирующій нѣсколько разъ въ сборникѣ Абрагама (ч. I-я стр. 165, 167; ч. II-я стр. 29, 116 и 212; изд. 1905 г.) привинчивается къ деревянной подставкѣ (17 × 22 см. (фиг. 1 и 2), укрѣпленной на деревянномъ башмакѣ (колодкѣ); башмакъ закрѣпляется обычнымъ способомъ въ конькѣ для скетингъ-ринга. Конекъ съ осями на шарикахъ (у меня модель Торпедо), у котораго оси замѣнены болѣе длинными (19 см., можно рекомендовать болѣе длинныя для большей устойчивости модели). Коэффиціентъ тренія установки о доску экспериментальнаго стола у меня оказался 0,014; вѣсъ всей установки 9 кгр.; тяга, развиваемая вентиляторомъ,—500 грам.

Опытъ. При пропусканіи тока отъ сѣти модель развиваетъ необходимую скорость, которую трудно опредѣлить

вслѣдствіе недостаточности помѣщенія и неудобствъ, вызываемыхъ соединеніемъ модели съ проводомъ электрическаго тока; на небольшихъ разстояніяхъ средняя скорость равна $0{,}6\ \frac{\text{мет.}}{\text{сек.}}$.

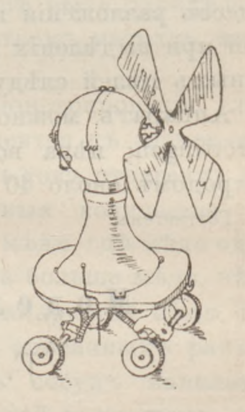
Примѣненіе модели можетъ имѣть мѣсто нѣсколько разъ въ курсѣ:

1) при иллюстраціи 3-го закона Ньютона—пускаютъ моторъ, удерживая модель какимъ-либо предметомъ; демонстрируютъ сильную струю воздуха кусочками бумаги, которые относятся вѣтромъ на классъ; затѣмъ обнаруживаютъ воздушную реакцію движеніемъ модели, удаляя задерживающій движеніе предметъ;



Фиг. 1.

Тѣлежка: конекъ (А) скетингъ-ринга, въ него одѣтъ деревянный башмакъ (брусокъ), скрѣпленный съ подставкой (В), (башмака на фигурѣ не видно).



Фиг. 2.

2) для иллюстраціи измѣренія силъ—задерживаютъ движеніе модели подходящей цилиндрической пружиной (для чего въ подставку ввинчиваютъ крючокъ), измѣряютъ масштабомъ растяженіе пружины и добиваются такого-же растяженія, подвѣшивая къ пружинѣ на вѣсовой чашкѣ соотвѣтствующій грузъ (у меня получался грузъ въ 500 гр.);

3) для иллюстраціи опредѣленія коэффиціента тренія, параллельно съ обычными измѣреніями тренія брусковъ, модель имѣетъ значеніе, какъ примѣръ коэффиціентовъ значительно меньшаго порядка (у меня 0,014);

4) для иллюстраціи винта;

5) и наконецъ прямо, какъ модель аэромобиля.

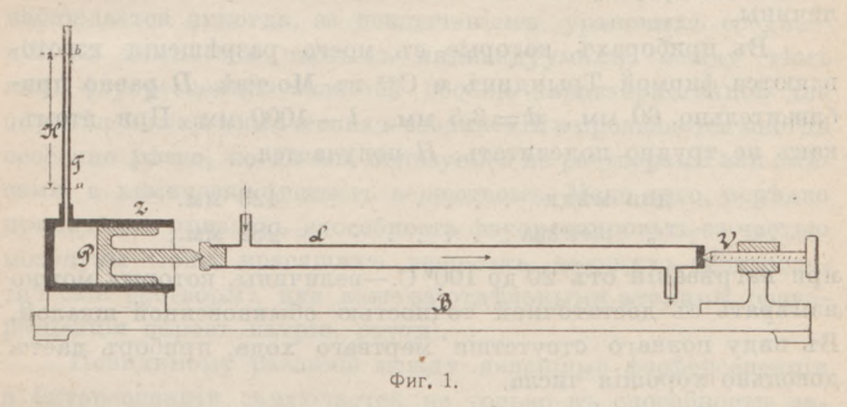
Харбинъ,
Коммерческое училище.

Приборъ для демонстраціи и измѣренія линейнаго коэффиціента расширенія твердыхъ тѣлъ.

Я. Липшица.

Задача объ увеличеніи той малой длины, на которую расширяется стержень небольшихъ размѣровъ при нагрѣваніи на 100—200°, къ которой въ конечномъ счетѣ сводится всякій приборъ подобнаго рода, рѣшается въ данномъ частномъ случаѣ слѣдующимъ образомъ.

Стержень L (фиг. 1) изъ испытуемаго матеріала въ формѣ трубки или сплошнаго цилиндрическаго тѣла упирается однимъ концомъ въ винтъ V, другимъ въ поршень P, пришлифованный къ цилиндру Z. Какъ цилиндръ, такъ и винтъ V



Фиг. 1.

наглухо прикрѣплены къ доскѣ B. Въ цилиндрѣ находится жидкость (масло или ртуть), которая заполняетъ все пространство за поршнемъ и поднимается въ тонкой стеклянной трубкѣ P до нѣкоторой высоты a. Затѣмъ стержень L подвергается нагрѣванію при помощи струи пара или инымъ способомъ, расширяется на величину Δl и вдвигаетъ поршень въ цилиндръ какъ разъ на такую же величину. Объемъ жидкости равный $\frac{\pi D^2}{4} \cdot \Delta l$ вытѣсняется изъ ци-

линдра въ тонкую трубку P, поднимаясь до b на высоту H. Если d—діаметръ канала стеклянной трубки, то очевидно

$$\frac{\pi D^2}{4} \Delta l = \frac{\pi d^2}{4} H, \text{ откуда}$$

$$\Delta l = \frac{Hd^2}{D^2}. \qquad (1)$$

Съ другой стороны, если l—длина стержня, t_1—первоначальная температура, t_2—температура послѣ нагрѣванія,

$$\Delta l = l[1 + \alpha(t_2 - t_1)] - l = l\alpha(t_2 - t_1),$$

гдѣ α—искомый коэффиціентъ расширенія. Подставляя въ ур. (1), получаемъ:

$$\alpha = \frac{H \cdot d^2}{D^2 \cdot l \cdot (t_2 - t_1)}. \qquad (2)$$

Ясно, что увеличивая отношеніе D/d, можно довести чувствительность и точность прибора до произвольной величины.

Въ приборахъ, которые съ моего разрѣшенія изготовляются фирмой Трындинъ и С-ья въ Москвѣ, D равно приблизительно 60 мм., $d = 3{,}5$ мм., l — 1000 мм. При этомъ, какъ не трудно подсчитать, H получается

для мѣди . . . . . . $\backsim$ 423 мм.
„ желѣза . . . . . . $\backsim$ 282 мм.,

при нагрѣваніи отъ 20 до 100° С.—величины, которыя можно измѣрять съ достаточной точностью обыкновенной шкалой. Въ виду полнаго отсутствія мертваго хода, приборъ даетъ довольно хорошія числа.

Москва.
Лаборат. Коммерч. Института.

Хроника.

1. Съ 16 по 24 іюня 1913 г. въ г. Тифлисѣ состоится *XIII съѣздъ русскихъ естествоиспытателей и врачей.* Членскій взносъ 3 руб. Заявленія о желаніи вступить въ члены XIII съѣзда слѣдуетъ направлять по адресу: Тифлисъ, Канцелярія Попечителя Кавказскаго учебнаго округа, Распорядительный Комитетъ XIII съѣзда русскихъ естествоиспытателей и врачей.
